

# **UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA**



## **FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA**

**“Aflatoxinas en cereales comercializados a granel en  
mercados del distrito de Villa María del Triunfo, Lima 2018”**

Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico y  
Bioquímico

**TESISTAS: MARY LUZ CALISAYA TIPO**

**JULIO CESAR PINTO QUEA**

**ASESOR: Mgtr. CARLOS ALFREDO CANO PEREZ**

**Lima – Perú  
2018**

## Índice

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice de tablas	
Índice de figuras	
Índice de anexos	
Resumen	
Abstract	
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	2
1.2 Problemas .....	3
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos 9 .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Justificación.....	4
2 CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....	6
2.1 Antecedentes teóricos.....	6
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes extranjeros .....	8
2.2 Bases teóricas y/o legales.....	12
2.2.1 Cereales .....	12
2.2.2 Aflatoxinas .....	17
2.3 Formulación de las hipótesis.....	26
2.3.1 Hipótesis general .....	26
2.3.2 Hipótesis específica .....	26
2.4 Definición de términos básicos.....	27
3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	28
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	28
3.2 Población y muestra.....	28

3.3	Equipos, materiales y reactivos.....	28
3.3.1	Material biológico.....	28
3.3.2	Material de vidrios y otros.....	29
3.3.3	Equipos e instrumentos. ....	29
3.3.4	Reactivos.....	29
3.4	Procedimientos.....	30
	Etapa 1: Recolección de muestras de cereales y análisis .....	30
	Etapa 2: Determinación cualitativa de aflatoxinas .....	32
	Etapa 3: Determinación de actividad de agua en cereales .....	32
	Etapa 4: Determinación cuantitativa de aflatoxinas .....	33
3.5	Procesamiento de datos.....	33
4	CAPITULO IV: RESULTADOS .....	34
4.1	Presentación .....	34
4.1.1	Recolección de muestras de cereales y análisis de materia prima... ..	34
4.1.2	Determinación cualitativa de aflatoxinas.....	34
4.1.3	Determinación de actividad de agua en cereales .....	35
4.1.4	Determinación cuantitativa de aflatoxinas en cereales .....	37
4.1.5	Análisis estadístico.....	39
4.2	Discusión de Resultados.....	48
5	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
5.1	Conclusiones:.....	50
5.2	Recomendaciones:.....	51
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7	ANEXOS.....	56

## Dedicatoria

Para nuestra familia por su incondicional apoyo durante toda nuestra carrera profesional, en especial a nuestros padres y a nuestro hijo por ser el motor para lograr nuestras metas y poder ser el orgullo para ellos y para todos los que nos apoyaron de una u otra manera con sus buenos consejos para seguir con nuestros sueños y lograr ser buenos profesionales.

“Hay veces que miro atrás y me doy cuenta de que todas las personas que han pasado y pasan por mi vida se merecen mi agradecimiento por componerme como ser humano”

## Agradecimientos

- A Dios, por ser nuestro guía y darnos la oportunidad de realizar el presente trabajo.
- A nuestros padres, que por su cariño y comprensión que nos brindaron fuerzas y todas sus virtudes son ejemplo de nuestro existir.
- A la Universidad Inca Garcilaso de la Vega y a nuestros Maestros que nunca claudicaron en la lucha por enseñarnos.
- A nuestro Asesor, Mgtr. Carlos Alfredo Cano Pérez, que nos brindó el camino hacia la obtención de los objetivos trazados.
- A nuestro Co-Asesor, Mgtr. Carlos Chinchay Barragan, que nos brindó su tiempo y las facilidades en la investigación.
- A mis Amigos por haberme brindado su amistad y apoyo incondicional.

## Índice de tablas

TABLA 1 TEMPERATURA Y $A_w$ (ACTIVIDAD DEL AGUA) PARA EL CRECIMIENTO DE MOHOS Y PARA LA PRODUCCIÓN DE MICOTOXINAS .....	15
TABLA 2 LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PORCENTUAL POR 100 GRAMOS DE PORCIÓN COMESTIBLE DEL ARROZ .....	16
TABLA 3 LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PORCENTUAL POR 100 GRAMOS DE PORCIÓN COMESTIBLE DEL TRIGO .....	17
TABLA 4 LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PORCENTUAL POR 100 GRAMOS DE PORCIÓN COMESTIBLE DEL MAÍZ.....	18
TABLA 5 LÍMITES DEL CRECIMIENTO Y DE LA PRODUCCIÓN .....	19
TABLA 6 NIVELES PERMITIDOS DE AFLATOXINAS EN ALGUNOS PAÍSES .....	24
TABLA 7 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE CEREALES Y ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA .....	35
TABLA 8 DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE AFLATOXINAS .....	35
TABLA 9 DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA EN CEREALES .....	36
TABLA 10 ACTIVIDAD DE AGUA .....	37
TABLA 11 PROMEDIO DE $A_w$ EN CEREALES .....	37
TABLA 12 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE AFLATOXINAS EN CEREALES .....	38
TABLA 13 AFLATOXINAS (MG/KG).....	39
TABLA 14 AFLATOXINAS EN CEREALES .....	39
TABLA 15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MAÍZ.....	39
TABLA 16 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ARROZ.....	42
TABLA 17 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL TRIGO.....	46

## Índice de figuras

FIGURA 1 ESTRUCTURA QUÍMICA DE LAS AFLATOXINAS.....	19
FIGURA 2 MERCADO.....	62
FIGURA 3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	62
FIGURA 4 MUESTRAS DE ARROZ.....	62
FIGURA 5 MUESTRAS DE TRIGO.....	62
FIGURA 6 MUESTRAS DE MAÍZ.....	62
FIGURA 7 MUESTRAS RECOLECTADAS.....	62
FIGURA 8 CALIBRE DEL GRANO .....	63
FIGURA 9 GRADO DE PUREZA.....	63
FIGURA 10 PESO HECTOLITRO.....	63
FIGURA 11 GRADO DE PUREZA DEL MAÍZ.....	63
FIGURA 12:GRANO PARTIDO.....	64
FIGURA 13 GRANO YESOSO.....	64
FIGURA 14 EQUIPO AQUALAB.....	65
FIGURA 15 MEDICIÓN DE AW (ACTIVIDAD DEL AGUA).....	65
FIGURA 16 DEPOSITADO DE MUESTRA.....	65
FIGURA 17 ACTIVIDAD DE AGUA.....	65

## Índice de anexos

ANEXO 1	MATRIZ DE CONSISTENCIA :AFLATOXINAS EN CEREALES COMERCIALIZADOS A GRANEL EN MERCADOS DEL DISTRITO,DE VILLA MARIA DEL TRIUNFO .....	56
ANEXO 2	MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	58
ANEXO 3	FICHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS Y ANALISIS DE MATERIA PRIMA .....	59
ANEXO 4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE AFLATOXINAS .....	60
ANEXO 5	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE AFLATOXINAS.....	61
ANEXO 6	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS .....	62
ANEXO 7	ANÁLISIS DE CEREALES .....	64
ANEXO 8	DETERMINACIÓN DE AW (ACTIVIDAD DEL AGUA) .....	65



## Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar la presencia de aflatoxinas en arroz, maíz y trigo para consumo humano que se comercializan a granel en los mercados Micaela Bastidas y San Francisco del distrito de Villa María del Triunfo, así mismo, relacionar la actividad de agua de los granos con la presencia de aflatoxina en los cereales estudiados. Para efectos de esta investigación los análisis físicos de cereales se realizaron en el laboratorio de especialidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, así se determinó el grado de pureza, el peso hectolitro, el peso de 1000 granos y el análisis selectivos de los cereales a estudiar. Luego, se determinó la actividad del agua de los cereales por medio de un higrómetro aqualab. La determinación cuantitativa de aflatoxina se realizó por el método de Ridascreen Fast (aflatoxin r-biophrm) inmunoensayo enzimático, realizado en los establecimientos de certificaciones alimentarias hidrobiológicas y medio ambientales SAC (CAHM). Se llevó a cabo la determinación de aflatoxina en maíz, arroz y trigo en concentraciones promedios de 5,475 µg/Kg, 10,875 µg/Kg y 10,5 µg/Kg, respectivamente. Luego se realizó el análisis estadístico encontrando la relación de la actividad de agua y la presencia de aflatoxina en maíz un correlación de Pearson de 0,983 y un regresión lineal  $r^2$  igual 0,966; para el arroz se encontró una correlación de Pearson de 0,978 y un regresión lineal  $r^2$  igual 0,956; para el trigo se encontró una correlación de Pearson de 0,935 y un regresión lineal  $r^2$  igual 0,874. Se concluyó que la concentración de aflatoxinas en las muestras de arroz y trigo superan ligeramente los valores máximos permitidos recomendados por las normas internacionales del CODEX Alimentarius.

**Palabras Clave:** aflatoxina, maíz, arroz y trigo

## Abstract

The objective of the research was to determine the presence of aflatoxins in rice, corn and wheat for human consumption that was marketed in the Micaela Bastidas and San Francisco markets of the Villa María del Triunfo district, as well as to relate the water activity of the grains with presence of aflatoxin in the cereals studied. For the purposes of this investigation, the hereditary analysis was carried out in the specialty laboratory of the Faculty of Pharmaceutical and Biochemical Sciences of the Inca Garcilaso de la Vega University, so it determined the degree of purity, the hectoliter weight, the weight of 1000 grains and the selective analysis of the cereals to be studied. Then the water activity of the cereals was determined by means of an Aqualab hygrometer. The quantitative determination of aflatoxin was performed by the method of Ridascreen Fast (aflatoxin r-biophrm) enzyme immunoassay, carried out in establishments of hydrobiological and environmental food certifications SAC (CAHM). The determination of aflatoxin in maize, rice and wheat was carried out in averages of 5.475 µg / Kg, 10.875 µg / Kg and 10.5 µg / Kg, respectively. Then the statistical analysis was performed finding the relationship of water activity and the presence of aflatoxin in corn and Pearson correlation of 0.983 and a linear regression  $r^2$  equal to 0.966; for rice, a Pearson correlation of 0.978 and a linear regression  $r^2$  equal to 0.956 was found; for wheat, a Pearson correlation of 0.935 and a linear regression  $r$  equal to 0.874 were found. It was concluded that the concentration of aflatoxins in rice and wheat samples slightly exceeds the maximum permitted values recommended by international standards of Food CODEX.

Key words: aflatoxin, corn, rice and wheat

## Introducción

La presencia de toxinas en fitógenos es un problema de interés en todo el mundo. La FAO ha publicado que el 25% de los cereales más consumidos por el hombre están contaminados con micotoxinas<sup>1</sup> y este porcentaje sigue creciendo. Esto ha provocado problemas muy serios relacionados como daños en el área salud humana, animal, también, a la seguridad alimentaria económica; por ejemplo, ha afectado la cantidad y la calidad industrial de las cosechas y alterando las condiciones del mercado doméstico.

El maíz, arroz y trigo que se comercializan en la ciudad de Lima puede sufrir la presencia de *aspergillus* sp., con la consecuente acumulación de micotoxinas. Además, se conoce que el clima de la ciudad de Lima presenta por temporadas altas temperaturas y constante humedad en ciertos distritos. Esto estimula el crecimiento de hongos y la consecuente acumulación de toxinas en los productos alimenticios<sup>2</sup>.

Las micotoxinas más comunes presentes en los alimentos son las aflatoxinas. Se las conoce como sustancias carcinógenas con elevada potencia; asimismo, se reconoce su capacidad teratogénica y mutagénica. Llega a producir daño hepático, pulmonar, y, además, ocasionan un déficit del sistema inmunitario. Por otro lado, se sabe que la exposición continua a aflatoxinas en la dieta (aflatoxicosis aguda), puede causar necrosis hepática. En cuanto a la exposición crónica en la dieta a niveles bajos se ha asociado con trastornos en la digestión, la absorción y/o el metabolismo de los nutrientes, con el desarrollo de carcinoma hepatocelular<sup>2</sup>.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La aflatoxina es un grupo de toxinas liberada por ciertos tipos de hongos que suelen estar presentes en diversos productos de origen agrícola como la cebada, avena, trigo y sorgo; además, se conoce que los productos agrícolas tienen la alta probabilidad de ser considerados no libre de aflatoxina<sup>3</sup>.

Los factores críticos en el deterioro de granos almacenados son: temperatura que oscila entre 25° - 30° C y humedad relativa alrededor de 70 %, donde la mayoría de los cereales alcanzan un equilibrio hídrico superior al 13 %, factor que favorece la presencia de hongos en almacén<sup>3</sup>.

Hay que considerar que la ciudad de Lima presenta una humedad relativa bastante alta y que, en los últimos años, debido al cambio climático, se está presentando un aumento en la temperatura ambiental, alrededor de 2 - 3° C por encima de la temperatura normal. A esto se añade el aumento de la venta ambulatoria a granel de muchos cereales lo que originaría un incremento en la probabilidad de adquirir valores cuantitativos de aflatoxinas, por encima de los valores permisibles, según las normas del Codex<sup>2</sup>.

Por otro lado, se sabe que la exposición continua a aflatoxinas en la dieta (aflatoxicosis aguda) puede causar necrosis hepática. En cuanto a la exposición crónica en la dieta a niveles bajos, se ha asociado con trastornos en la digestión, la absorción y/o el metabolismo de los nutrientes, con el desarrollo de carcinoma hepatocelular. También hay estudios epidemiológicos que relacionan la exposición a aflatoxinas, el desarrollo de aflatoxicosis y poblaciones de países con ingresos bajos o medianos <sup>2</sup>.

En nuestro país no hay investigaciones actuales; por ello realizamos la determinación de la presencia de aflatoxinas en arroz, maíz y trigo de consumo humano que se expenden a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.

## 1.2 Problemas

### 1.2.1 Problema general

¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?

### 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el arroz comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?
2. ¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el maíz comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?
3. ¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el trigo comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.

### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el arroz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.
2. Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el maíz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.
3. Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.

### 1.4 Justificación

Las toxinas producidas por diversos tipos de hongos filamentosos en sustratos con condiciones óptimas de temperatura y humedad, son consideradas sustancias químicas de importancia a considerar por su capacidad de contaminar de forma natural los cereales, especias, productos cárnicos y lácteos.

La contaminación por las toxinas de origen fúngico se da durante la etapa agrícola como en el almacenamiento de la materia prima o durante la manufactura de alimentos y llega a representar un problema nacional de salud pública y esto es debido por la gran toxicidad que llega a ocasionar este metabolito en el hombre.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO, establece normas y límites para la presencia de

aflatoxinas, que varía según el cereal. Los rangos permisibles de aflatoxinas se refieren a la concentración de aflatoxina B1 y/o aflatoxinas totales presente en el alimento, se considera las aflatoxinas totales como la suma de aflatoxinas B1, aflatoxinas B2, aflatoxinas G1 y aflatoxinas G2. Así se tiene que el valor aceptable de aflatoxinas como máximo en el trigo para el consumo humano, es de 5 partes por billón<sup>3</sup>. Por otro lado, en Europa se ha considerado que la ingesta tolerable diaria (ITD) debe oscilar entre 0,001 - 0,01 ug/kg de peso corporal por día para aflatoxina B1 (Ruiz, J. 2016).

La contaminación de alimentos por aflatoxina es controlada en países desarrollados, sin embargo existe poca información sobre la presencia de micotoxinas en el Perú, para lo cual, es necesario conocer estudios recientes, debido a que se están dando las condiciones para el desarrollo de micotoxinas, por el aumento en la temperatura ambiental, alrededor de 2 - 3° C por encima de la temperatura normal, la humedad relativa alta en la ciudad de Lima y el aumento de venta ambulatoria y a granel de muchos cereales.

Con esta investigación se busca tener mayor información sobre la presencia de micotoxinas en mercados de ciertos distritos de Lima, y de esta manera las autoridades sanitarias el país, tengan datos actualizados y puedan tomar las medidas necesarias para un mejor control de los alimentos que ingresan a esta ciudad.

## 2 CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes teóricos

#### 2.1.1 Antecedentes nacionales

**Mendoza, C<sup>2</sup>**, 2017, en su investigación “Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*rosmarinus officinalis*) y orégano (*origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*capsicum annuum* l.)”, presentó como objetivo evaluar la actividad antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*Piper nigrum*), orégano (*Origanum vulgare*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) en hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annuum* L.) tales como *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp. y *Fusarium solani*. La autora aisló e identificó los hongos presentes en la muestras de ají paprika para después realizar un explante de 0.5 mm de diámetro de *Aspergillus flavus*, *Fusarium solani* y *Penicillium* sp. en medio de cultivo de agar Sabourand que contenían los aceites esenciales de orégano, romero, pimienta negra a concentraciones de 0.3%, 0.5%, 0.7% y 1.0% para el tratamiento individual y combinado. Además, controló el crecimiento durante 12 días a temperatura ambiente. Tuvo como resultado que los aceites esenciales de pimienta negra (*Piper nigrum*) y de romero (*Rosmarinus officinalis*) no presentaron inhibición significativa en el crecimiento micelial en todas las concentraciones empleadas; mientras que en el aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) en todas sus concentraciones y en su tratamiento combinado presentaron una inhibición del crecimiento micelial al 100% frente a los hongos fitopatógenos aislados. La autora llegó a la conclusión que el efecto del aceite esencial de orégano para el control de los hongos es debido a la presencia de principios activos, como el carvacrol, que ejercen una acción a nivel de las membranas mitocondriales por la disminución del potencial de membrana evidenciando una acción fungicida, y se muestra como alternativa sólida a los agroquímicos.



**Castro, J., Alvarado, A., Koga, Y., Tinoco, R<sup>3</sup> 2015**, en su investigación “Cuantificación de micotoxinas en ingredientes alimenticios utilizados en la dieta de aves comerciales”, tuvo como objetivo cuantificar la presencia de las micotoxinas ocratoxina A y toxina T-2 en dos ingredientes alimenticios comunes en las dietas avícolas de procedencia diversa. Analizaron 139 muestras de maíz y 64 de torta de soya para el contenido de ocratoxina A y 193 muestras de maíz y 144 de torta de soya para el contenido de toxina T-2, las mismas que fueron recibidas para análisis entre 2007 y 2011. Sus resultados indicaron 66.2 y 67.4% de muestras positivas de maíz para ocratoxina A y toxina T-2, respectivamente. Asimismo, 71.9 y 88.9% muestras positivas de torta de soya para ocratoxina A y toxina T-2, respectivamente. Ninguna de sus muestra llegó a sobrepasar los límites de ocratoxina A y T-2 permitidos, según las recomendaciones de la Comisión Europea (2006/576/EC).

**Mejía, N. et al<sup>4</sup> 2014**, en su investigación, “Determinación de aflatoxinas en productos derivados de cereales de consumo humano en Mercados de Trujillo (Perú)”, tuvo como objetivo determinar la concentración de micotoxinas tipo aflatoxinas en productos terminados a base de cereales que se comercializan en los mercados de la ciudad de Trujillo (Perú) y son consumidos por sus pobladores. Los autores utilizaron el método de ELISA competitivo acoplado con un espectrofotómetro que trabaja con una longitud de onda de 450 nm para su detección. Analizaron harina de diversos cereales como trigo, avena y maíz adquiridos en establecimientos de la ciudad de Trujillo. Determinaron aflatoxinas de forma cuantitativa en harina de maíz con un valor de 12.5%, con niveles de 1.0 ug/kg y 1.2 ug/kg siendo los permitidos en cantidades inferiores a 20 ppb en muchos países.

**Vargas, A<sup>5</sup> 2014**, en su tesis titulada “Estudio de la incidencia de hongos toxicogénicos en uvas destinadas a la producción de vinos”, presento como objetivo general el aislamiento e identificación de

hongos productores de toxinas en uvas de la provincia de Río Negro, Argentina y además determinó la capacidad toxica de los mismos. Así mismo, se determinaron los perfiles de producción de toxinas de los aislamientos, encontrándose que todos produjeron al menos una toxina y el 66% produjeron tres toxinas. La autora indica que la elevada presencia de hongos productores de toxinas como *Alternaria* y *Penicillium expansum* en bayas de la zona de la Patagonia es un riesgo que debe ser determinado. Por otro lado la investigadora no encontró biomasa del género *Aspergillus*, lo que determinaría que esta zona tiene una ventaja a diferencia de otros lugares donde se cultiva la vid, ya que el riesgo está relacionado directamente con la presencia del *Aspergillus* y sus toxinas, de este modo la toxina de origen fúngico en los vinos estaría muy disminuido, es de mucho interés desde el punto de vista de comercio internacional que los productos de determinada región cumplan con los requisitos que el mercado exige como calidad.

#### 2.1.2 Antecedentes extranjeros

**Montero Velasco, L<sup>6</sup> 2017**, en su tesis titulada “Influencia de los factores ambientales en el control de mohos productores de ocratoxina A y aflatoxina en derivados cárnicos curado-madurado”, presentó como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y actividad de agua en el desarrollo y producción de ocratoxina y aflatoxina de mohos productores de estas toxinas, llegando a la conclusión de que la temperatura y (*aw*) influyen de forma decisiva en el desarrollo y capacidad de producción de ocratoxina en sustratos cárnicos, por lo que recomiendan la necesidad de controlar estos parámetros, así mismo concluyeron que el control de temperatura en valores de 15°C y la reducción del *aw* durante el secado y maduración de los derivados cárnicos, junto con la adición óptima de nitritos puede contribuir minimizar el peligro de micotoxinas en estos alimentos.

**Fon-Fay, F. et al<sup>7</sup> 2016**, en su investigación, “La presencia de *Aspergillus sp.* y aflatoxinas en *Zea mays* L. (maíz) almacenado en silos, en Ecuador”, tenían como objetivo determinar la presencia del *Aspergillus sp.* y su metabolito tóxico, la aflatoxina, en concentraciones de ppb/g, en maíz (*Zea mays*, L) almacenado en silos de la ciudad de Quevedo - Ecuador. Los ensayos para la evaluación de aflatoxinas se realizaron por la técnica de Elisa, determinando en un tiempo de 90 días una concentración de 55,71 ppb, como la más elevada. Los investigadores concluyeron que este maíz es considerado como un alimento muy tóxico para el hombre por lo tanto debe ser declarado como no inocuo, por no estar dentro de los límites microbiológicos permitidos de Mohos y levaduras (500 ufc/g).

**Reyes, W. et al<sup>8</sup> 2016**, en su trabajo, “Aflatoxinas, Deoxinivalenol y Zearalenona en rastrojo de maíz cosechado en Tepatitlán, Jalisco, México”, tenían como objetivo determinar la concentración de Aflatoxinas, Deoxinivalenol y Zearalenona en rastrojos de maíz blanco y amarillo cultivados en el municipio de Tepatitlán, Jalisco. Los autores presentan como resultado alto porcentaje de aflatoxinas totales (88.2 %) y AFB1 mediante HPLC (84 %), los autores destacan que ninguna de las muestras superaron el nivel máximo recomendado por la legislación mexicana para aflatoxinas en alimentos de animales (20 mg.Kg<sup>-1</sup>), sin embargo, 23.5 % de las muestras determinadas por HPLC superaron el límite permitido para AFB1 por la Comunidad Europea (5 mg.Kg<sup>-1</sup>).

**Lahouar, A., Marin, S., Crespo-Sempere, A., Saïda, s. y Sanchis, V<sup>9</sup> 2016**, en su tesis “Efectos de la temperatura, la actividad del agua y el tiempo de incubación en el crecimiento de hongos y la producción de aflatoxina B1 por aislamientos de *Aspergillus flavus* toxinogénicos en semillas de sorgo”, este estudio se investigó los efectos producidos por la actividad de agua (aw) en un rango de 0,85 y 0,99, la temperatura en un rango de 15, 25 y 37 °C y el tiempo de incubación

en 7, 14, 21 y 28 días sobre el desarrollo y el metabolismo de la micotoxinas aflatoxina B1 de 3 cepas aisladas de *Aspergillus flavus* que se inocularon a muestras de sorgo entero. Utilizaron el método Baranyi para identificar los niveles del crecimiento y el metabolismo de las micotoxinas. De 2 de las muestras determinaron crecimiento óptimo en parámetros en 0,99 de aw y de temperatura 37 °C. Por otro lado también determinaron que el aw mínimo para el desarrollo del micelio fue de 0,91 de actividad de agua a 25 °C y 37 °C. A temperaturas de 15 °C, la otra muestra de *Aspergillus flavus* desarrollo a 0,9 de actividad de agua, pero no pudo desarrollar la biosíntesis de aflatoxina B1. Debido a estos resultados se podría decir que para inhibir la producción de aflatoxina B1 en cereales como el sorgo se debe mantener una actividad de agua baja ( $\leq 0,91$  aw). Con este trabajo los autores manifiestan que es el primer trabajo que han investigado el efecto del aw y la temperatura sobre el desarrollo de *Aspergillus flavus* y su metabolismo en la biosíntesis de aflatoxina B1 en cereales como el sorgo.

**Castellari, C, et al<sup>10</sup> 2015**, en su investigación “Factores extrínsecos e intrínsecos asociados a poblaciones fúngicas micotoxigénicas de granos de maíz (*Zea mays* L.) almacenados en silos bolsa en Argentina”, tuvo como objetivo reconocer las poblaciones productoras de metabolitos toxigénicas, que llegan a contaminar al maíz. Los investigadores evaluaron 270 muestras en diferentes tiempos, al inicio en el día cero, a los 90 días y a los 150 días. Cuantificaron la biomasa y determinaron la presencia de aflatoxinas y fumonisinas. Asimismo, evaluaron los factores externos ambientales, los factores internos propios del cereal y los factores tecnológicos sobre toda la población. Presentaron como resultado que el conteo total de la biomasa de las especies micotoxigénicas de *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Eurotium* fue mayor en los cereales almacenados en la parte superior del silo. En el total de las muestras analizadas, dio fumonisinas positivo, con concentraciones máximas de 5,707 mg/kg; por otro lado, las aflatoxinas estaban presentes en un 40 % de las muestras

analizadas con concentraciones alrededor de 0,0008 mg/kg. Los autores concluyen que durante el almacenamiento del cereal se producen cambios considerables en la biomasa fúngica y en la formación de toxinas debido a las condiciones ambientales y de sustrato.

**Chalco, D<sup>11</sup> 2014**, en su tesis, “Riesgo toxicológico de Aflatoxinas presentes en maní y nueces comercializados en los principales mercados de la Ciudad de Cuenca”, planteó como objetivo reconocer el riesgo al que están sometidos la población de la ciudad de Cuenca con la toxina presente en ciertos alimentos, y esto es debido a la alta concentración de micotoxinas en maní y nuez que se comercializan al por menor en los mercados, para la separación y determinación de micotoxinas utilizaron un método basado en Cromatografía Líquida de Alta Resolución con incorporación de un detector de fluorescencia. La autora encontró en su investigación concentraciones de aflatoxinas dentro de los límites permitidos por las normas en muestras de nuez y maní y solo en una pequeña muestra de maní se presentó concentraciones altas de aflatoxinas del tipo G1 y B1.

**Villamar Pincay, F<sup>12</sup> 2014**, en su tesis “Presencia de aflatoxina total y hongos micotoxigénicos en harina de pescado producida en la costa ecuatoriana en los años 2012 y 2013”, planteó como objetivo determinar la presencia de hongos productoras de micotoxinas y cuantificar la concentración de aflatoxina total en partes por billón (ppb) en muestras de harina de pescado en ciudades de Santa Elena y Guayas. Para la determinación de aflatoxina, se utilizó el método inmunológico de ELISA. Utilizaron el método directo con agar DRBC para la cuantificación de hongos productores de toxinas (UFC/g). En la investigación, trabajaron con 99 muestras en periodos determinados. Las concentraciones de aflatoxina en partes por billón en relación con la presencia de hongos por gramos de muestra, comparados con las normas internacionales en las que nos indican rangos permitidos por menores de 20 ppb y  $10^4$  UFC.g-1, fueron

significativamente inferior ( $p < 0.05$ ). Determinaron que el 69,0 por ciento de harina de pescado está contaminado con aflatoxina y en el 62,6% de harina estaba presente el hongo productor de toxina; los dos resultados, están en los niveles permitidos por las normas internacionales. Los autores observaron la presencia de cepas de importantes como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y otros, pero el de mayor presencia fue el *Penicillium*. La actividad de agua ( $a_w$ ) en las harinas estuvo dentro de los rangos permitidos por las normas establecidas. También presentan como resultados que las condiciones del almacén respecto a espacio y tiempo no influyen en un incremento de micotoxinas, aunque sí había un aumento de la presencia de hongos tipo *Aspergillus* y *Penicillium*, de este modo concluyen, que no hay riesgo para la harina de pescado Ecuatoriana con respecto a su comercio.

## 2.2 Bases teóricas y/o legales

### 2.2.1 Cereales

#### 2.2.1.1 Definición

Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas. Algunas especies de cereales como alimento parecen haber sido determinada por el tamaño de la semilla o por su disposición en grandes cantidades y la forma de separarla de la cáscara, que suele ser considerado no comestible para el hombre. Los cereales más cultivados a nivel mundial son el arroz, maíz, trigo, cebada, sorgo, mijo, avena y centeno<sup>38</sup>.

#### 2.2.1.2 Características

Las toxinas producidas por hongos se encuentran relacionadas directamente con los cereales. Estos hongos suelen ser *Penicillium*, *Aspergillus* y *Fusarium*. Por otro lado, los granos presentan altas

concentraciones de ácido fítico, un antinutriente, y, también, están presentes inhibidores de amilasas <sup>14</sup>.

La actividad de agua (aw), temperatura, oxígeno y pH son factores que se relaciona con la presencia de hongos productores de toxinas y micotoxinas en productos alimentarios. Los hongos y levaduras crecen perfectamente en condiciones de baja actividad de agua, en comparación con las bacterias, por otro lado la temperatura de crecimiento exponencial de hongos es entre 20-35°C, aunque hay algunas especies de hongos que crecen a temperaturas bastante bajas (0°C), el Oxígeno es determinante para las levaduras y mohos ya que muchas de ellas son aerobias estrictas y otras en ciertas etapas no pueden crecer en condiciones anaeróbicas. Por tal motivo se suele realizar ensayos de desoxigenación, cambio de oxígeno por otro gas y formación de vacío al empaque con el fin de inhibir el crecimiento de hongos<sup>32</sup>.

Se conoce que los factores que favorecen la proliferación de hongos y producción de toxinas son los siguientes<sup>32</sup>:

Factores físicos: se consideran la humedad, actividad de agua, temperatura, alimento con alto porcentaje de humedad y la presencia de daño físico en los granos.

Factores químicos: el pH es un factor de interés debido que microorganismos como los hongos llegan a tolerar un amplio rango de pH entre 2,5 – 7,5, de esta forma se puede decir que resisten un medio ácido.

Composición del sustrato: Los hongos no son exigentes en nutrientes, requieren fuente de carbono de un sustrato como azúcar y nitrógeno de otra fuente existentes en el sustrato.

Potencial oxi-reducción ( $O_2/CO_2$ ): La mayor parte de los hongos son aerobios estrictos. Una disminución del oxígeno minimiza el crecimiento de los hongos y la ausencia lo inhibe por completo, llegando a destruirlo. El intercambio de oxígeno ( $O_2$ ) por anhídrido carbónico ( $CO_2$ ) también puede inhibir la formación de algunas micotoxinas.

Factores biológicos: la presencia de invertebrados como insectos es un factor que contribuye a la proliferación de los hongos. El metabolismo de los insectos incrementa la humedad del sustrato y además los insectos suelen realizar el rompimiento del pericarpio y de esta forma se obtiene la contaminación de la parte interna del grano.

**Tabla 1: Factores, temperatura y  $A_w$  que influyen en el desarrollo de mohos y producción de toxinas**

Mohos	temp. de crecimiento	$a_w$ de crecimiento
aspergillus flavus	10	0,78
aspergillus clavatus	10	0,85
aspergillus ochraceus	10-12	0,77
micotoxinas	temp. de producción	$a_w$ de producción
aflatoxinas	10-25	0,83

Fuente: Reyes De la Cruz, V<sup>15</sup> 2006.

### 2.2.1.3 Composición Química

El arroz (*Oryza sativa*), forma parte de la familia de las Gramíneas. Es nativa del Sureste asiático y se han encontrado cultivo alrededor de 5000 a.C. en China, y antes del año 6000 a.C. en Tailandia <sup>15</sup>.



El arroz pilado contiene alrededor del 25 por ciento de carbohidratos, bajo contenido de minerales entre ellos hierro, magnesio, yodo y fósforo, así como baja proporción de proteínas y grasas. Se suele dar un hervor al arroz para su consumo y combinado de distintas maneras según costumbre de cada zona<sup>15</sup>.

**Tabla 2 La composición química porcentual por 100 gramos de porción comestible del arroz**

Energía	359 Calorías
Agua	13.1 g
Proteína	8.2 g
Grasa	0.5 g
Carbohidratos	77.8 g
Fibra	0.4 g
Ceniza	0.4 g
Calcio	6 mg
Fósforo	92 mg
Hierro	0.8 mg
Tiamina	0.09 mg
Riboflavina	0.08 mg
Niacina	1.60 mg
Ácido ascórbico	0.9 mg

Fuente: Collazos, C<sup>16</sup>.

La composición del trigo (*triticum*) varía según su procedencia, las condiciones ambientales, el terreno y el año de cosecha. Los monosacáridos y disacáridos se encuentran en el grano en baja proporción, por ejemplo la fructosa se encuentra en un 0,06%, glucosa 0,08%, sacarosa 0,54%, maltosa 0,05% y galactosa 0,02%, expresado en base seca. Como todo vegetal, los cereales almacenan energía en forma de almidón<sup>17</sup>. Los gránulos de almidón suelen ser homogéneos, esféricos y con un diámetro inferior a 10  $\mu\text{m}$ , pero hay

otros de mayor tamaño con diámetro alrededor de 20  $\mu\text{m}$  y de forma lenticulares <sup>18</sup>.

**Tabla 3 La composición química porcentual por 100 gramos de porción comestible del trigo**

Energía	336 Calorías
Agua	14.5 g
Proteína	8.6 g
Grasa	1.5 g
Carbohidratos	73.7 g
Fibra	3.0 g
Ceniza	1.7 g
Calcio	36 mg
Fósforo	224 mg
Hierro	4.6 mg
Tiamina	0.30 mg
Riboflavina	0.08 mg
Niacina	2.85 mg
Ácido ascórbico	4.8 mg

Fuente: Collazos, C<sup>16</sup>.

El maíz (zea mays) contiene monosacáridos como la glucosa, fructosa y sacarosa, en proporciones de 0,6 a 3,0% del total del grano, y puede llegar hasta 35% en algunas variedades de maíz, denominados dulces<sup>19</sup>. La sacarosa es de interés y se suele almacenar en el germen. Durante la fase de desarrollo del grano, existe mayor cantidad de monosacáridos y disacáridos, estos suelen disminuir en la fase de maduración del cereal, y forman para su posterior reserva, el almidón <sup>17</sup>.

El almidón es una molécula grande que está conformada por glucosa, suelen agruparse entre ellas y estar en forma de gránulos semicristalino, formando una esfera. Se conforman por dos glucanos, amilosa y amilopectina<sup>17</sup>.

**Tabla 4 La composición química porcentual por 100 gramos de porción comestible del maíz**

Energía	348 Calorías
Agua	14.1 g
Proteína	5.6 g
Grasa	4.0 g
Carbohidratos	74.3 g
Fibra	1.9 g
Ceniza	1.4 g
Calcio	5 mg
Fósforo	249 mg
Hierro	3.0 mg
Tiamina	0.20 mg
Riboflavina	0.16 mg
Niacina	3.00 mg
Ácido ascórbico	0.00 mg

Fuente: Collazos, C<sup>16</sup>.

## 2.2.2 Aflatoxinas

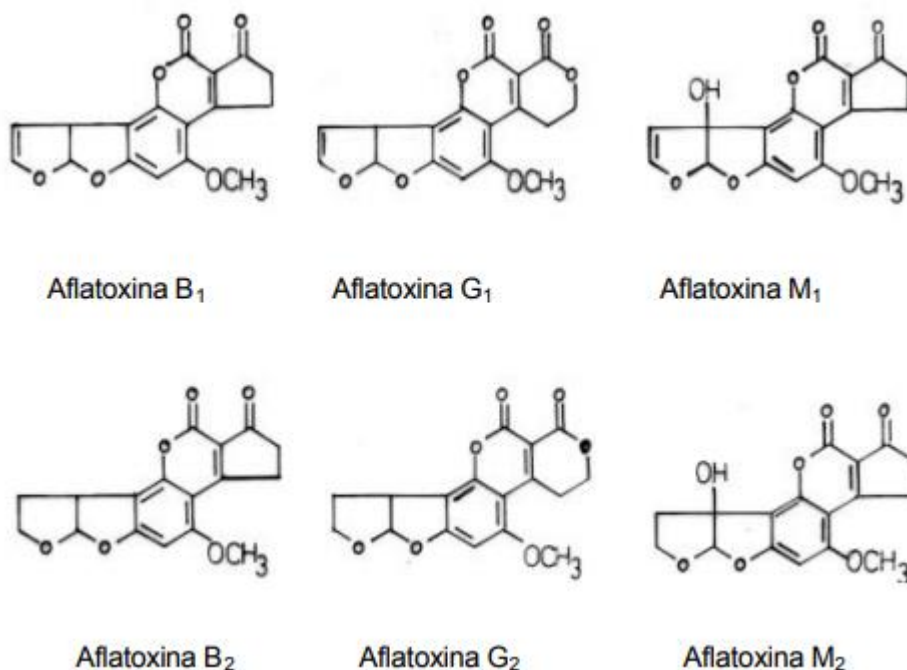
### 2.2.2.1 *Aspergillus* como agente productor de aflatoxinas

El *Aspergillus* llega a producir toxinas de interés a reconocer y evitar para la salud del hombre, como la aflatoxina y la ocratoxina; también se sabe que este hongo puede producir otras toxinas. Las aflatoxinas son metabolitos del *Aspergillus flavus* o *Aspergillus parasiticus*. Es de importancia reconocer las condiciones óptimas de crecimiento del *Aspergillus flavus* como su temperatura óptima de crecimiento de 25°C, humedad relativa (HR%) del 70%, y los diferentes sustratos donde suele crecer y proliferar como el maíz, trigo, avena, centeno, cacao, algodón, cacahuate, etc<sup>13</sup>.

Las aflatoxinas de importancia a reconocer son las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, siendo la aflatoxina del tipo B1 de los más peligrosos para el hombre, ya que está relacionado con hepatocarcinógenidad. Existen

publicaciones donde se establece que la administración de 15 mg/kg diario puede producir cáncer y ser excretada como aflatoxina M1 en leche u orina <sup>13</sup>.

**Figura 1 Estructura química de las aflatoxinas**



Fuente: JICA<sup>20</sup>, 1998

#### 2.2.2.2 Condiciones de contaminación

La presencia de hongos productores de toxinas varía según las condiciones climáticas, materia prima y el lugar. Las micotoxinas que afectan al hombre se consideran de interés por las aflatoxinas, ocratoxinas, y otras sustancias tóxicas liberadas por el género *Fusarium* que son carcinogénicas <sup>21</sup>.

Los *Aspergillus* se desarrollan en diferentes hábitats y se dispersan en los ambientes con facilidad, por lo que se hace común la contaminación con aflatoxinas, puede darse la contaminación en el campo o durante el almacenamiento. La presencia de aflatoxinas se incrementa con ciertos factores como la humedad relativa, agua

disponible, temperatura, pH, daño físico del grano, composición del grano, oxígeno y por la presencia de vectores como los insectos. Las aflatoxinas también se dispersan con las partículas pequeñas suspendidas en el aire, generado durante la cosecha, la descarga de los granos y durante la limpieza de los silos<sup>11</sup>.

**Tabla 5 Límites del crecimiento y de la producción**

	<i>A.flavus</i>			<i>A.parasíticus</i>		
	Mínimo	Óptimo	Máximo	Mínimo	Óptimo	Máximo
<b>Crecimiento</b>						
Temp. (°C)	10-12	33	43	12	32	42
Aw	0,8	0,98	>0,99	0,80-0,83	0,99	>0,99
pH	2	5-8	>11	3	4-7	>9
<b>Aflatoxina</b>						
Temp. (°C)	13	16-31	31-37	12	25	40
Aw	0,82	0,95-0,99	>0,99	0,86-0,87	0,95	>0,99
pH	-	-	-	3	6	>8

Fuente :ICMSF<sup>22</sup> 1996.

Las micotoxinas frecuentemente están presentes en granos como maíz, arroz, sorgo, trigo y otros cereales, también se encuentra en maní, vino, leche, que suelen contaminarse antes de la cosecha y durante el almacenaje <sup>23</sup>.

Las aflatoxinas establecidas en los granos se infestan por diversos mecanismos a animales y seres humanos, por vía oral o por inhalación<sup>24</sup> y también suele ocurrir por vía dérmica, produciéndose la absorción en el organismo donde se manifiesta los efectos tóxicos de carcinogenicidad o problemas de inmunidad. Esta forma de actuar de las aflatoxinas hace difícil de identificar a estas toxinas como los agentes etiológicos responsables de enfermedades producidas en el hombre o la falta de desarrollo en animales. Existen publicaciones que indican que cuando hay elevada cantidades del toxico en granos, los profesionales de salud pueden coger este dato y ser orientativos para el diagnóstico<sup>25</sup>.

### 2.2.2.3 Biosíntesis de aflatoxinas

Las aflatoxinas, químicamente son compuestos heterocíclicos, las de interés reconocer por su frecuencia con la que se presenta son la aflatoxina B1, que llega a ser metabolizada y eliminada como aflatoxina M1, aflatoxina B2, aflatoxina G1 y aflatoxina G2; la aflatoxina B1 es la que se presenta con mayor frecuencia y a su vez es la más toxica. El anillo lactónico de la molécula y el doble enlace en el anillo difurano son los responsables de la propiedad toxica de las aflatoxinas. Por otro lado son moléculas muy ionizables y esto le da la característica de ser muy reactivo, logrando producir alteraciones en el ADN; experimentos en ratones han demostrado ser hepatotóxico, mutagénico y cancerígeno. Cuando la aflatoxina es absorbida, se dirige al hígado, donde las enzimas lo metabolizan en aflatoxina-8,9-exo-epóxido y aflatoxina-8,9-endo-epóxido. Siendo la exo-epóxida altamente reactiva y puede formar modificar el ADN, y puede reaccionar con el gen supresor de tumores p53<sup>26</sup>.

### 2.2.2.4 Efectos tóxicos

Las aflatoxinas son moléculas de masa molar baja, producidos al final de la fase exponencial del crecimiento del microorganismo o al empezar la fase estacionaria del *Aspergillus* sp. Son hongos que ocasionan efectos adversos en el hombre y animales <sup>27,28</sup> La Agencia Internacional del Cáncer lo clasifica en el Grupo 1 de carcinógenos en el hombre probado, al mismo nivel que el tabaco <sup>28</sup>.

Las micotoxinas absorbidas por el hombre o animales ocasionan una respuesta tóxica denominada micotoxicosis, con síntomas graves, crónicas en animales<sup>29</sup> .Las aflatoxinas son compuestos tóxicos que generan una enfermedad que puede manifestarse como agudo o crónico. Los efectos característicos son lesión hepática; cirrosis hepática, formación de tumores y teratogénesis. La Aflatoxina B1, presente en el hígado de los animales genera una serie de metabolitos. Así una res puede hidroxilar la molécula de aflatoxina y

segregar en su leche el metabolito Aflatoxina M1, originando contaminación de la leche y sus derivados<sup>14</sup>.

#### 2.2.2.5 Detección de aflatoxinas

Se inicia con la separación de componentes del extracto, posteriormente la identificación de micotoxinas se realiza según las propiedades fisicoquímicas de la micotoxina. El TLC da puntos fluorescentes después de adicionar compuestos de cloruro de aluminio y ácido sulfúrico, en la placa. Los detectores para cromatografía de alta performance incluye espectrofotómetro (UV), fluorofotómetro (FL), Índice de refracción y espectrofotómetro de masa<sup>8</sup>.

Los métodos de inmuno-ensayo utilizan anticuerpos monoclonales para cada tipo de micotoxina. Se necesita de una purificación de la muestra. Hay dos tecnologías básicas el método de Elisa y el método de inmunoafinidad (IAC) que puede cuantificar las aflatoxinas. Presenta sensibilidad de 2 ppb de aflatoxina <sup>8</sup>.

Cuando se aplica una columna de inmunoafinidad, la muestra es pasada por una columna donde en su interior los anticuerpos se enlazan con la aflatoxina. La fluorescencia de la columna es comparada con la fluorescencia del producto químico de referencia incluido en la columna, que fluoresce a la misma longitud de onda que la aflatoxina. Midiendo la intensidad (I) entre la muestra y el estándar de referencia, se logra determinar la concentración de la muestra. El método de ELISA se presenta de dos formas, para su detección de Micotoxinas, estos son por competición directa o indirecta. Este método se basa en la reacción antígeno anticuerpo. Los pozitos están cubiertos “con anticuerpo de captura contra anticuerpos anti-micotoxina”. Se adicionan patrones de la micotoxina a ensayar, conjugado micotoxina-enzima y anticuerpos antimicotoxina a los pozitos. La micotoxina y el conjugado se inician con la competencia

para unirse a sitios del anticuerpo antimicotoxina (inmunoensayo enzimático competitivo). Los anticuerpos antimicotoxina se enlazan a los anticuerpos de captura inmovilizados sobre la placa. El conjugado micotoxina-enzima que no se unió se elimina en un lavado que se realiza posteriormente. El sustrato/cromógeno es agregado a los pozitos a través de los anticuerpos, convierte al cromógeno en un compuesto azul. La incorporación de la solución stop, interviene en un cambio de color de azul a amarillo. La medición se realiza por fotometría a 450 nm de longitud de onda; la absorción es inversamente proporcional a la concentración de la micotoxina <sup>8</sup>.

#### 2.2.2.6 Normas para aflatoxinas

Es importante indicar que las normas varían según el país o la zona y la forma internacional de comercio que establecen sus miembros como la Unión Europea, Mercosur, etc. Hasta la fecha, no existe una homogeneidad en cuanto a normatividad en lo permitido sobre el toxico.

En el Perú, no es ajeno a lo que acontece y tampoco existe una normativa para aflatoxinas que regule los niveles permitidos en los alimentos, tampoco se cuenta con un programa de vigilancia para alimentos de consumo del hombre. En el Perú, se basa en lo recomendado por las normas internacional del codex alimentario, y lo permitido es de 10 ppb ( $\mu\text{g/Kg}$ ) y en USA, se permite un máximo de 20 ppb ( $\mu\text{g/Kg}$ )<sup>8</sup>.

La Unión Europea publicó los niveles de ingesta tolerable diaria (ITD) en 0,001-0,01  $\mu\text{g/kg}$  de peso corporal por día para aflatoxina B1, que es la de mayor cuidado. Así mismo considera los límites de micotoxinas en alimentos 0,1-12  $\mu\text{g/kg}$  para aflatoxina B1<sup>26</sup>.



**Tabla 6: Niveles permitidos de aflatoxinas en algunos países**

	Venezuela	Chile	Unión Europea	España	FAO
AFs totales	20µg/kg	5 µg/kg	3 - 4 µg/kg	10 µg/kg	4 µg/kg
AFB1			1.5 - 2 µg/kg	5 µg/kg	2 µg/kg
AFM1	0.5 µg/kg	0.05 µg/kg			

Fuente: Chalco, D<sup>11</sup>

#### 2.2.2.7 Actividad de agua (aw)

El agua en los alimentos como los cereales es de importancia, ya que favorece las reacciones enzimáticas y químicas. Algunas de estas reacciones permite en el alimento el desarrollo de cualidades propias, otras reacciones puede producir alteración, influye en la textura de alimentos, contribuye a las necesidades de agua del organismo<sup>30</sup>; además, hace posible la ionización de ácidos y bases, las cuales pueden entonces reaccionar<sup>31</sup> y, por otro lado, es el medio adecuado para la proliferación de microorganismos<sup>30</sup>.

En los tejidos tanto animal como vegetal, el agua no se presenta de forma homogénea; por ejemplo, algunas moléculas de agua se encuentran ligados a carbohidratitos; otros, enlazados a proteínas, en capilares que se forman, etc. Por otro lado, en el citoplasma, los polipéptidos se enlazan también a moléculas de agua formando un enlace intermolecular.

Por tal motivo, se emplea términos como agua ligada y agua libre. No existe una definición exacta sobre estas fracciones de agua, se considera que el agua ligada son moléculas que no congela a -20°C. y el agua libre, es la que se volatiliza fácilmente, se congela a cero grados Celsius y es el responsable del deterioro y de la actividad del agua <sup>32</sup>.

El agua libre es la disponible para el desarrollo y proliferación de microorganismos y reacciones bioquímicas<sup>32</sup>.

Para cada temperatura, el agua está presente con un poco de agua en fase gaseosa; la presión que ejerce el vapor de agua se denomina presión de vapor del agua en equilibrio. En tablas psicométricas de vapor se relacionan, los valores de la presión de vapor de saturación para cierta temperatura. El agua presente en un alimento, debido a que los compuestos sólidos limitan la libertad de movimiento del agua, no hace la misma presión que las moléculas de agua libre en una solución líquida, a la misma temperatura.

Por tal motivo, la presión de vapor de agua del alimento es menor que la del vapor de agua de saturación.

La actividad del agua ( $a_w$ ) se define como la proporción de la presión que genera el vapor de agua presente en un alimento y la presión de vapor de agua saturada pura a la misma temperatura y nos da una idea de la cantidad de agua disponible metabólicamente<sup>32</sup>.

$$a_w = \frac{P}{P^o} = \frac{HR}{100} = \frac{n_a}{n_a - n_s}$$

$P$  = presión del vapor del agua en el alimento

$P^o$  = presión del vapor del agua pura a la misma temperatura.

$n_a$  = moles de agua (g/18) y  $n_s$  = moles de soluto (g/PM)

$P/P^o$  = presión de vapor relativa

HR = humedad relativa

De la ecuación, la actividad del agua es proporcional a la presión de vapor relativa. Pero sucede que los alimentos, por contener diversos componentes e interacciones con el agua, no se comportan como tal, de tal forma que la actividad del agua es solo una aproximación a la

presión de vapor relativa. Sin embargo, la  $a_w$  se sigue empleando por ser una escala bastante práctica, de medir y el bajo costo de sus equipos.

Cuando un producto está en contacto directo con el medio ambiente, la actividad del agua del alimento se equilibra con la humedad relativa del aire (HR) del contorno.

Los valores de la actividad oscilan entre 0 y 1 y son los valores bajos, los que indican que el agua está fuertemente ligada. Tiende a la unidad cuando esta débilmente adherida al alimento <sup>32</sup>.

La temperatura y la actividad del agua se encuentran relacionadas y son codependientes en cuanto a su efecto sobre el crecimiento de *Aspergillus* y la producción de AFs. Los *Aspergillus* pueden crecer a temperaturas de 8 a 55 °C, siendo de 36 a 38 °C las temperaturas óptimas de desarrollo y de 25 a 35 °C las temperaturas óptimas de producción de AFs. No se producen AFs por debajo de 10 °C y por encima de 45 °C. El rango de producción es entre 12 y 40 °C. A bajas temperaturas las cantidades de AFB y AFG son aproximadamente iguales; a temperaturas más elevadas la producción de AFB es predominante<sup>33</sup>.

La humedad relativa mínima para el desarrollo de hongos aflatoxigénicos es de 85%. La misma representa contenidos de humedad en cereales como el maíz de 16,5 a 18%, no existiendo un límite superior de humedad para la producción de estas toxinas. La actividad del agua para la producción de AFs varía de 0,82 a 0,99<sup>34</sup>.

## 2.3 Formulación de las hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.

### 2.3.2 Hipótesis específica

1. La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el arroz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.
2. La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el maíz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.
3. La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.

## 2.4 Definición de términos básicos

1. **Actividad del agua ( $a_w$ ):** Se define como la relación de la presión que genera las moléculas de agua en un alimento y la presión de vapor de agua saturada pura a la misma temperatura y nos da una idea de la cantidad de agua disponible metabólicamente<sup>32</sup>.
2. **Aflatoxicosis:** Exposición continua a aflatoxinas<sup>36</sup>.
3. **Aflatoxinas:** son metabolitos secundarios producidos por *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*. Siendo el *Aspergillus flavus* la que crece a temperaturas de 25°C, con una humedad relativa del 70%<sup>31</sup>.
4. **Alimento:** León, J<sup>17</sup> 2003, es el producto natural o no que al ser ingerido aporta al organismo los nutrientes necesarios para el desarrollo de los procesos biológicos del hombre<sup>15</sup>.
5. **Ambiente:** Sánchez, R., Silva, M<sup>35</sup> 2015, se refiere al área delimitada físicamente que forma parte del establecimiento usado en la fabricación, envase, almacenamiento y comercialización de alimentos<sup>37</sup>.
6. **Anticuerpos monoclonales:** Los anticuerpos son glucoproteínas pertenecientes al grupo de las inmunoglobulinas, secretadas por los linfocitos B y que participan en la respuesta inmune humoral gracias a su capacidad de identificar y neutralizar antígenos<sup>32</sup>.
7. **Cereales:** pertenecen a la familia de las gramíneas, algunas se determinan por el tamaño de las semillas<sup>38</sup>.
8. **Higrómetro aqualab:** equipo que mide la actividad de agua a una determinada temperatura<sup>32</sup>.
9. **Humedad relativa:** relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener<sup>30</sup>.
10. **Psicrometría:** Es el estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica en los materiales (cereales)<sup>37</sup>.

### 3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

**Tipo:** Es de tipo correlacional porque se establece relación entre dos variables.

**Nivel:** Según el período y secuencia de la investigación es transversal por que se investigará el fenómeno en un solo momento es decir se hace un corte en el tiempo.

**Diseño de la investigación:** No experimental, porque no manipula las variables para generar cambio alguno durante su investigación.

#### 3.2 Población y muestra

La población corresponde a la cantidad granos de cereales que se comercializan en los mercados Micaela Bastidas y San Francisco del distrito de Villa María del Triunfo.

La muestra se considera: 8 kilos de maíz, 8 kilos de arroz y 8 kilos de trigo.

#### 3.3 Equipos, materiales y reactivos

##### 3.3.1 Material biológico

- Grano de Maíz
- Grano de Arroz
- Grano de Trigo

### 3.3.2 Material de vidrios y otros

- 08 Placas Petri
- 04 Pipetas
- 04 propipetas
- 04 fioles de 50 ml
- 04 probetas de 1000mL
- tubos de ensayo
- 01 baguetas
- Espátula de metal
- Vaso precipitado
- Embudos
- Matraz Erlenmeyer,
- Frascos de vidrio con tapa
- Mascarilla
- Gorros
- Hisopos

### 3.3.3 Equipos e instrumentos.

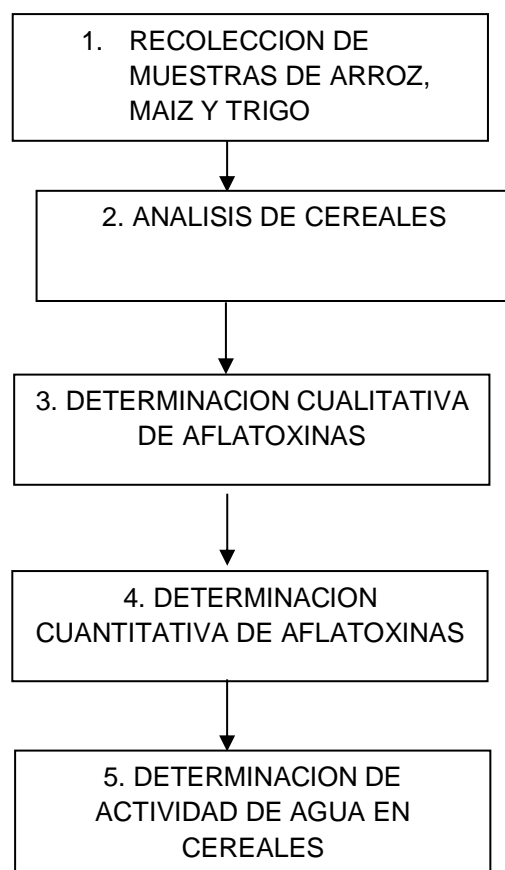
- Balanza analítica
- Higrómetro (aqualab)

### 3.3.4 Reactivos.

- Agua destilada
- Alcohol 96°

### 3.4 Procedimientos

El procedimiento experimental de este estudio presenta 5 etapas:



**Fuente:** Elaboración propia.

La identificación cualitativa y cuantitativa de las aflatoxinas del arroz, maíz y trigo se realizaron en los laboratorios de la empresa CAHM (Certificaciones alimentarias hidrobiológicas y medioambientales S.A.C.)

#### Etapa 1: Recolección de muestras de cereales y análisis

Las muestras se colocaron en bolsas plásticas transparentes debidamente rotuladas en los laboratorios de especialidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega (Anexo 06).



Se realizaron los ensayos para determinar la calidad de los granos (Anexo 07).

#### Grado de pureza

Se hace pasar el cereal por la criba de 1.98 mm para trigo y se separan las impurezas como piedras, paja, tallos, hierbas, malezas, hojas, excretas o pelos de roedores, o cualquier materia extraña al grano.

- Pesar y reportar el % de impurezas y especificar las impurezas que se encontraron.
- El grano limpio obtenido, guardar para realizar otros ensayos.

#### Densidad- peso de un hectolitro

- Coger una probeta de 1 L; se adiciona el grano limpio, se zarandea ligeramente.
- Se pesa el grano y se calcula el peso en Kg que corresponde a 100 litros.

#### Densidad- peso de 1000 granos

- Se coge 50 piezas del grano, tomadas al azar, de la muestra previamente limpia, y se pesa; luego, se hace el cálculo correspondiente. La determinación se repite 3 veces.

#### Análisis selectivo - granos partidos

- Se pesa 100 gramos de cereal.
- Los granos que están rotos o fragmentados se separan.
- Pesar y reportar el % de granos partidos.
- Se acepta el 1%.

## Etapa 2: Determinación cualitativa de aflatoxinas

La detección de aflatoxinas se realizó con aflacheck™ de VICAM (kit de análisis cualitativo para la detección de aflatoxinas), (Anexo 04). Es un análisis basado en las propiedades naturalmente fluorescentes de las moléculas de aflatoxinas que pueden medirse en un fluorómetro estándar, proporcionando una prueba sensitiva y rápida para detectar la presencia de aflatoxinas en “partes por billón” usados en granos y alimento balanceado, y además de otros ingredientes; provee procedimiento de análisis, sin ser necesario ningún tratamiento especial para revisar el TEST, cuyo anticuerpo monoclonal es reactivo hacia todas las especies principales de aflatoxinas encontradas en el maíz y otros cereales (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2). Ofrece una lectura del contenido total de aflatoxinas presentes en una muestra dada, identifica y cuantifica las aflatoxinas presentes en la muestra analizada detectando niveles ínfimos y precisos hasta de 1 ppb.

## Etapa 3: Determinación de actividad de agua en cereales

Se registró la actividad de agua ( $a_w$ ) de los granos con el empleo de un higrómetro AquaLab Model Serie 3TE 61011875, según método AOAC 978.18 para medir el agua libre en cereales. Se calibró con estándar de 13.41M LiCl con actividad de agua de  $0.250 \pm 0.003$ . Posteriormente, se agregó el grano malteado al lector hasta ocupar un tercio del recipiente. La actividad de agua indica el contenido de humedad que está libre y disponible en el producto, para reacciones químicas o crecimiento de microorganismos. Se realizaron tres mediciones por cada muestra (Anexo 08).

#### Etapa 4: Determinación cuantitativa de aflatoxinas

La determinación cuantitativa de aflatoxinas se realizó con Ridascreen Fast (aflatoxin r-biophrm) inmunoensayo enzimático para el análisis cuantitativo de aflatoxina (Anexo 05).

### 3.5 Procesamiento de datos

Se analizaron la correlación y regresión de los resultados obtenidos con cada tratamiento, mediante prueba correlación de Pearson, usando el programa SPSS versión 22.

## 4 CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Presentación

#### 4.1.1 Recolección de muestras de cereales y análisis de materia prima

**Tabla 7 Recolección de muestras de cereales y análisis de materia prima**

	maíz	arroz	trigo
peso hectolitro	53,078 kg/HL	80,668 kg/HL	87,426kg/HL
peso 1000 granos	607,8g	19,6g	49,4g
grado pureza	0.9%	0,85%	0,83%
granos partidos	0.13%	0.89%	0,55%
grano yesoso	-----	0,99%	-----

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### 4.1.2 Determinación cualitativa de aflatoxinas

**Tabla 8 Determinación cualitativa de aflatoxinas**

Muestra: maíz	resultado
1	ausencia
2	presencia
3	presencia
4	ausencia

Muestra: arroz	resultado
1	presencia
2	presencia
3	presencia
4	ausencia

Muestra: trigo	resultado
1	presencia
2	presencia
3	presencia
4	presencia

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### 4.1.3 Determinación de actividad de agua en cereales

**Tabla 9 Determinación de actividad de agua en cereales**

Muestra: maíz	actividad de agua (aw)
1	0,854
2	0,850
3	0,843
4	0,879

Muestra: arroz	actividad de agua (aw)
1	0,846
2	0,794
3	0,665
4	0,841

Muestra: trigo	actividad de agua (aw)
1	0,822
2	0,814
3	0,782
4	0,838

Fuente: elaboración propia, 2018

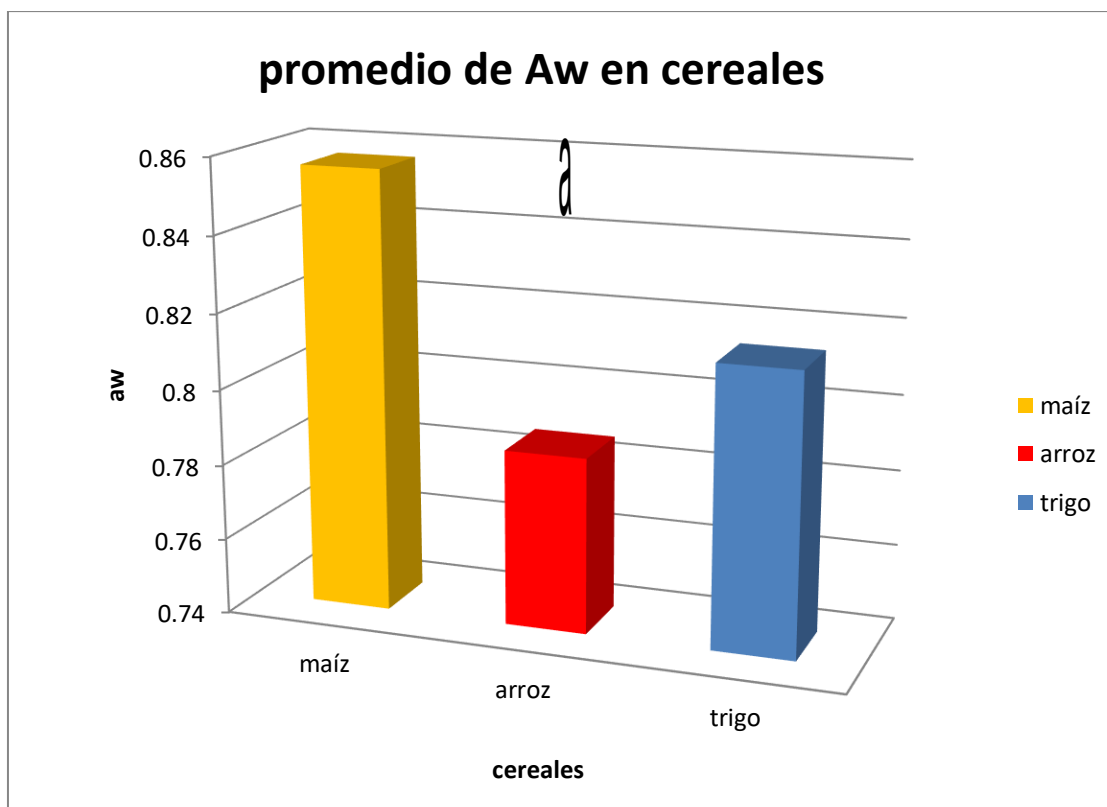
**Tabla 10 Actividad de agua**

actividad de agua		
maíz	arroz	trigo
0.854	0.846	0.822
0.850	0.794	0.814
0.843	0.665	0.782
0.879	0.841	0.838
0.8565	0.7865	0.814

Fuente: Elaboración propia, 2018

Los valores de actividad de agua ( $a_w$ ) de los cereales en condiciones normales están alrededor de 0,82<sup>30</sup>.

**Tabla 11 Promedio de  $A_w$  en cereales**



Fuente: Elaboración propia, 201

#### 4.1.4 Determinación cuantitativa de aflatoxinas en cereales

**Tabla 12 Determinación cuantitativa de aflatoxinas en cereales**

Muestra: maíz	aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ )	valores máximos permitidos, según codex
1	5,2	10 ppb
2	5,0	10 ppb
3	4,8	10 ppb
4	6,9	10 ppb

Muestra: arroz	aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ )	valores máximos permitidos, según codex
1	12,1	10 ppb
2	11,7	10 ppb
3	7,8	10 ppb
4	11,9	10 ppb

Muestra: trigo	aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ )	Valores máximos permitidos, según codex
1	10,9	10 ppb
2	10,2	10 ppb
3	9,8	10 ppb
4	11,1	10 ppb

Fuente: Elaboración propia, 2018

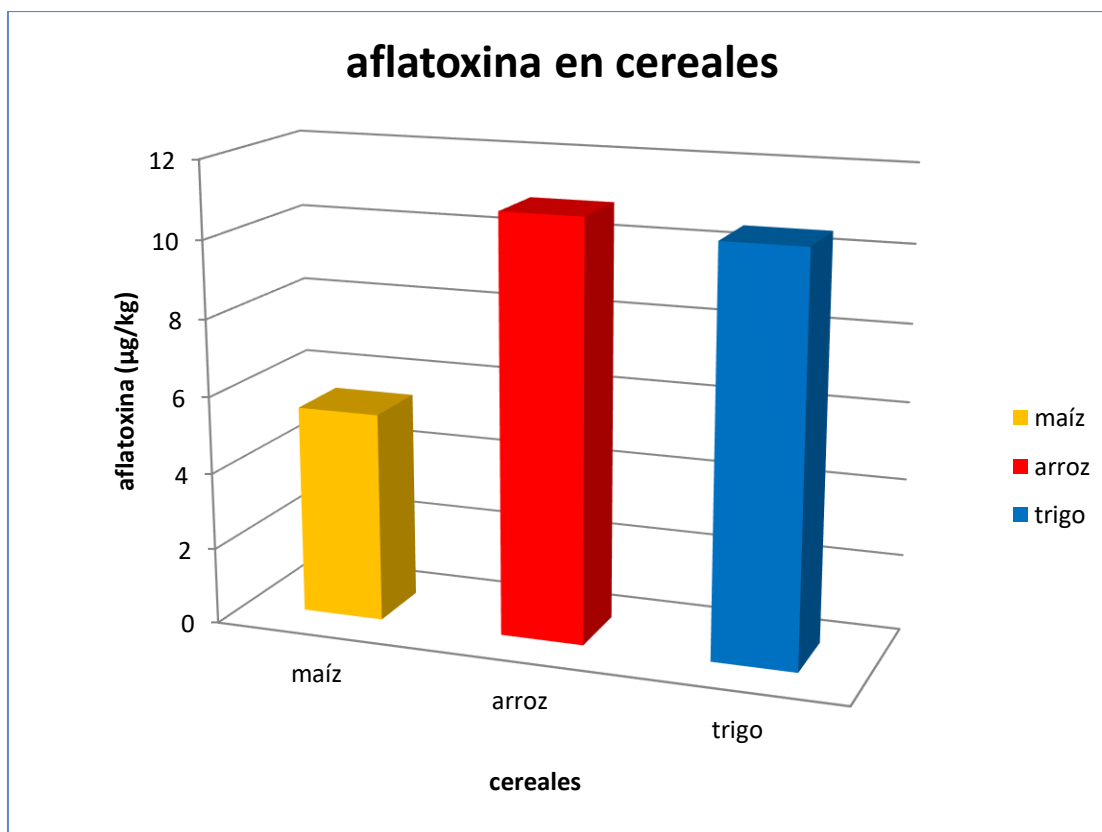
**Tabla 13 Aflatoxinas ( $\mu\text{g/Kg}$ )**

aflatoxinas ( $\mu\text{g/Kg}$ )		
maíz	arroz	trigo
5.2	12.1	10.9
5	11.7	10.2
4.8	7.8	9.8
6.9	11.9	11.1
5.475	10.875	10.5

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se observa que los niveles de aflatoxinas en maíz fue baja. El arroz y el trigo superan ligeramente los valores máximos permitidos según el codex<sup>30</sup>.

**Tabla 14 Aflatoxinas en cereales**

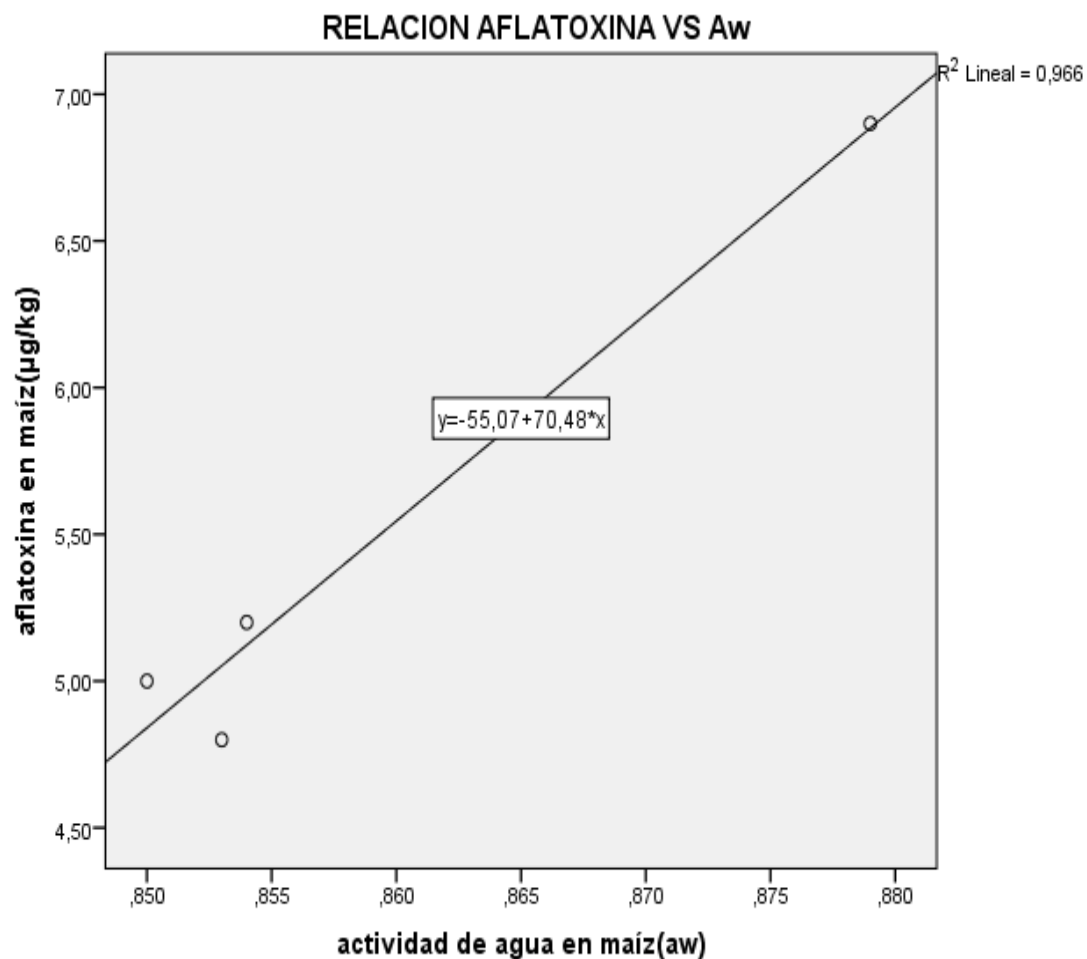


Fuente: Elaboración propia, 2018



### 4.1.5 Análisis estadístico

Tabla 15 ANALISIS ESTADISTICO DEL MAIZ



Fuente: Elaboración propia, 2018

#### Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
aflatoxina en maíz(µg/kg)	5,4750	,96393	4
actividad de agua en maíz(aw)	,85900	,013441	4

### Correlaciones

		actividad de agua en maíz(aw)
aflatoxina en maíz(µg/kg)	Correlación de Pearson	,983*
	Sig. (bilateral)	,017
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,038
	Covarianza	,013
	N	4

\* Relación de la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en al maíz; siendo la correlación alta ya que salió ,983 y con un margen de error no superior al ,02 por ciento.

### Correlaciones

		aflatoxina en maíz(µg/kg)	actividad de agua en maíz(aw)
Correlación de Pearson	aflatoxina en maíz(µg/kg)	1,000	,983
	actividad de agua en maíz(aw)	,983	1,000
Sig. (unilateral)	aflatoxina en maíz(µg/kg)	.	,009
	actividad de agua en maíz(aw)	,009	.
N	aflatoxina en maíz(µg/kg)	4	4
	actividad de agua en maíz(aw)	4	4

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,983 <sup>a</sup>	,966	,949	,21815	,966	56,576	1	2	,017

a. Predictores: (Constante), actividad de agua en maíz(*aw*)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,692	1	2,692	56,576	,017 <sup>b</sup>
	Residuo	,095	2	,048		
	Total	2,788	3			

a. Variable dependiente: aflatoxina en maíz( $\mu\text{g/kg}$ )

b. Predictores: (Constante), actividad de agua en maíz(*aw*)

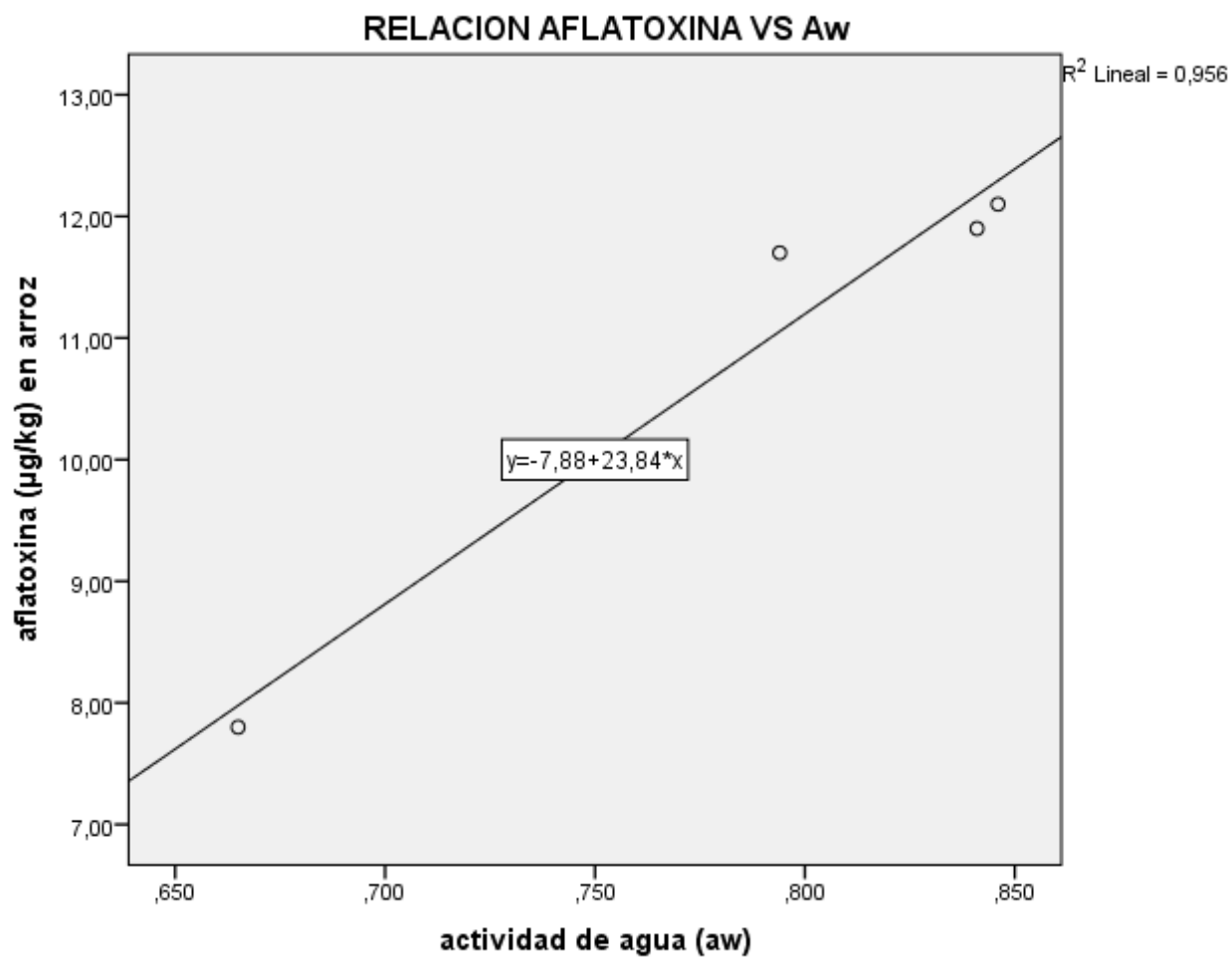
**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-55,067	8,050		-6,841	,021
	actividad de agua en maíz( <i>aw</i> )	70,480	9,370	,983	7,522	,017

a. Variable dependiente: aflatoxina en maíz( $\mu\text{g/kg}$ )

Los siguientes cuadros me están indicando que existe un alto grado de asociación entre la presencia de aflatoxina en maíz y la actividad de agua (*aw*).

**Tabla 16 ANALISIS ESTADISTICO DEL ARROZ**



Fuente: Elaboración propia, 2018

**Estadísticos descriptivos**

	Media	Desviación estándar	N
aflatoxina (µg/kg) en arroz	10,8750	2,05649	4
actividad de agua (aw)	,78650	,084319	4

## Correlaciones

		actividad de agua (aw)
aflatoxina (µg/kg) en arroz	Correlación de Pearson	,978*
	Sig. (bilateral)	,022
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,509
	Covarianza	,170
	N	4

\*Relación de la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el arroz; siendo la correlación alta ya que salió ,978 y con un margen de error no superior al ,03 por ciento.

## Correlaciones

		aflatoxina (µg/kg) en arroz	actividad de agua (aw)
Correlación de Pearson	aflatoxina (µg/kg) en arroz	1,000	,978
	actividad de agua (aw)	,978	1,000
Sig. (unilateral)	aflatoxina (µg/kg) en arroz	.	,011
	actividad de agua (aw)	,011	.
N	aflatoxina (µg/kg) en arroz	4	4
	actividad de agua (aw)	4	4

## Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,978 <sup>a</sup>	,956	,934	,53013	,956	43,145	1	2	,022

a. Predictores: (Constante), actividad de agua (aw)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	12,125	1	12,125	43,145	,022 <sup>b</sup>
	Residuo	,562	2	,281		
	Total	12,688	3			

a. Variable dependiente: aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ ) en arroz

b. Predictores: (Constante), actividad de agua (aw)

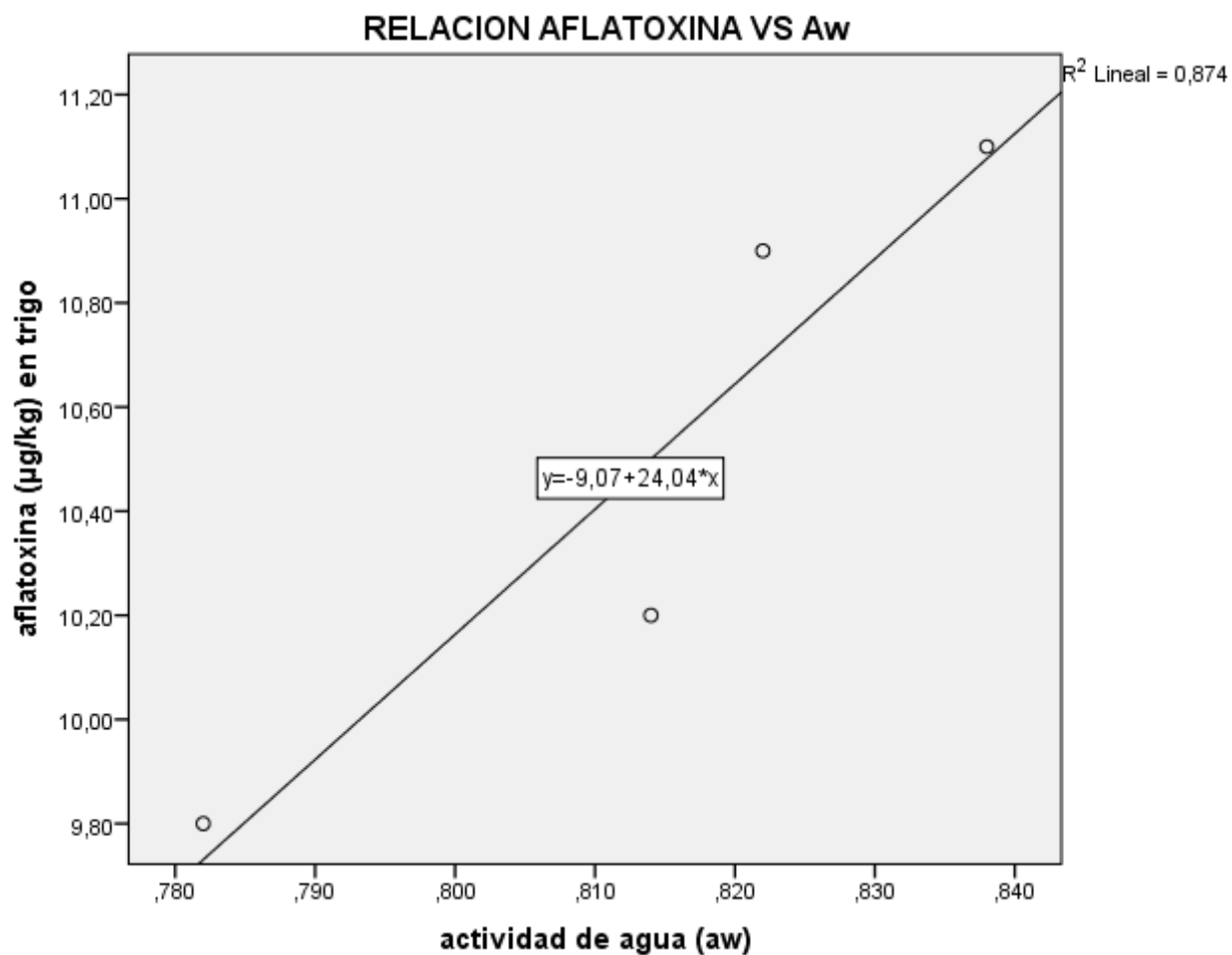
**Coeficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-7,878	2,867		-2,747	,111
	actividad de agua (aw)	23,843	3,630	,978	6,568	,022

a. Variable dependiente: aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ ) en arroz

Los siguientes cuadros me están indicando que existe un alto grado de asociación entre la presencia de aflatoxina en arroz y la actividad de agua (aw).

Tabla 17 ANALISIS ESTADISTICO DEL TRIGO



Fuente: Elaboración propia, 2018

**Estadísticos descriptivos**

	Media	Desviación estándar	N
aflatoxina (µg/kg) en trigo	10,5000	,60553	4
actividad de agua (aw)	,81400	,023551	4

## Correlaciones

		actividad de agua (aw)
aflatoxina (µg/kg) en trigo	Correlación de Pearson	,935
	Sig. (bilateral)	,065
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,040
	Covarianza	,013
	N	4

\* Según la tabla se observa que la actividad de agua se relaciona de manera negativa con la presencia del trigo es decir no hay influencia de la actividad de agua con la aflatoxinas ya que el nivel de error es superior al ,05 por ciento.

## Correlaciones

		aflatoxina (µg/kg) en trigo	actividad de agua (aw)
Correlación de Pearson	aflatoxina (µg/kg) en trigo	1,000	,935
	actividad de agua (aw)	,935	1,000
Sig. (unilateral)	aflatoxina (µg/kg) en trigo	.	,033
	actividad de agua (aw)	,033	.
N	aflatoxina (µg/kg) en trigo	4	4
	actividad de agua (aw)	4	4

## Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,935 <sup>a</sup>	,874	,811	,26312	,874	13,889	1	2	,065

a. Predictores: (Constante), actividad de agua (aw)



**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,962	1	,962	13,889	,065 <sup>b</sup>
	Residuo	,138	2	,069		
	Total	1,100	3			

a. Variable dependiente: aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ ) en trigo

b. Predictores: (Constante), actividad de agua ( $a_w$ )

**Coeficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-9,067	5,252		-1,726	,226
	actividad de agua ( $a_w$ )	24,038	6,450	,935	3,727	,065

a. Variable dependiente: aflatoxina ( $\mu\text{g/kg}$ ) en trigo

Los siguientes cuadros me están indicando que existe un alto grado de asociación entre la presencia de aflatoxina en trigo y la actividad de agua ( $a_w$ ).

## 4.2 Discusión de Resultados

Los resultados que se evidencian en la tabla 13 muestran que si existe presencia de aflatoxinas en relación con la actividad de agua en el maíz, arroz y trigo, siendo los promedios 5.475 ug/Kg, 10.87 ug/Kg y 10.5 ug/Kg, respectivamente estos resultados son similares a los de Mejía N. et al<sup>4</sup> 2014, en su investigación encontraron aflatoxinas en productos derivados de cereales (maíz, trigo y avena) de consumo humano que se expenden en los mercados de la ciudad de Trujillo (Perú), determinaron la presencia de aflatoxinas en harina de maíz con niveles de 1.0 ug/kg y 1.2 ug/kg. Los valores encontrados en nuestro trabajo están por encima de lo reportado por Mejía, N et al<sup>4</sup>, esto es posible porque el tratamiento de obtención harina suele reducir la presencia de toxinas. Sin embargo Fon-Fay, F. et al<sup>7</sup> 2016, en su investigación en Ecuador, evaluó la prevalencia del *Aspergillus* spp. (ufc/g) y su metabolito la aflatoxina (ppb/g), en maíz (*Zea mays*, L), reportando a 90 días, niveles bastantes elevados con un promedio de 55,71 ppb (ug/kg). Siendo el valor máximo permitido en la mayoría de países de 20 ppb. Así mismo Reyes, W. et al (2016), en su trabajo, tenía como objetivo determinar la concentración de Aflatoxinas, en ciertas variedades de maíz blanco y amarillo cultivados en el municipio de Tepatitlán, Jalisco. En la investigación realizada ninguna de las muestras superaron el nivel máximo recomendado por la legislación mexicana para aflatoxinas en alimentos de animales (20 mg.Kg<sup>-1</sup>), sin embargo, 23.5 % de las muestras determinadas por HPLC superaron el límite permitido para AFB1 por la Comunidad Europea (5 mg.Kg<sup>-1</sup>). Es también de importancia resaltar que autores como Chalco, D<sup>11</sup> 2014, han reportado la presencia de aflatoxinas en otros alimentos como maní y nuez que se expenden a granel en los mercados de la ciudad de Cuenca y Villamar, Pincay, F<sup>36</sup>.2014. En su tesis determinó la presencia de aflatoxina total en harina de pescado de harineras de Manabí, Santa Elena y Guayas, con concentraciones de aflatoxina total (ppb) <20 ppb.

Montero Velasco, L<sup>6</sup> 2017, en su investigación evaluó el efecto de la temperatura y actividad de agua en el desarrollo y producción de ocratoxina y aflatoxina, llegando a la conclusión que el control de temperatura en valores de 15°C y la reducción del aw durante el secado y maduración de los derivados cárnicos, junto con la adición óptima de nitritos puede contribuir minimizar el peligro de micotoxinas en estos alimentos. Por otro lado, estudio los efectos de la temperatura, la actividad de agua (aw) y el tiempo de incubación sobre el crecimiento y la producción de aflatoxina B1 (AFB1) en granos de sorgo. Los autores encontraron la aw mínima necesaria para el crecimiento del micelio fue de 0,91 a 25 °C. Así mismo <sup>10</sup>, en su investigación en granos de maíz (*Zea mays* L.) almacenados en silos bolsa en Argentina, encontró que las aflatoxinas contaminaron el 40 % de las muestras con niveles máximos de 0,0008 mg/kg. Los resultados de nuestra investigación coinciden con los investigadores anteriores, ya que se encuentra una relación entre la actividad de agua del grano del cereal y la presencia de aflatoxinas, así se encontró que para el maíz una correlación de Pearson de 0,983 y una regresión lineal  $r^2$  igual 0,966; para el arroz se encontró una correlación de Pearson de 0,978 y una regresión lineal  $r^2$  igual 0,956; para el trigo se encontró una correlación de Pearson de 0,935 y una regresión lineal  $r^2$  igual 0,874.

## 5 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones:

En la investigación, se determinó que si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en maíz de consumo humano que se comercializa a granel en los mercados del distrito de villa maría del triunfo.

En la investigación, se determinó que si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en arroz de consumo humano que se comercializa a granel en los mercados del distrito de villa maría del triunfo.

En la investigación, se determinó que si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en trigo de consumo humano que se comercializa a granel en los mercados del distrito de villa maría del triunfo.

## 5.2 Recomendaciones:

Se recomienda monitorear la presencia de aflatoxina total en maíz, arroz y trigo durante un tiempo prolongado a diferente temperatura y humedad.

Evaluar otros parámetros que influyen en la presencia de aflatoxinas en cereales y derivados como la temperatura y pH.

Realizar estudios de presencia de aflatoxinas en precosecha, cosecha y postcosecha de maíz, arroz y trigo, ya que los alimentos son susceptibles de ser atacados por esta micotoxina; en diversas etapas de su proceso.

Realizar estudios de diferentes tratamientos térmicos y de conservación de alimentos con la finalidad de reducir el nivel de contaminación.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wu, F. Measuring the economic impacts of *Fusarium* toxins in animal feeds. *Anim Feed Sci Technol* 137:363-374. , 2007.
2. Carreño, A. Hurtado j. y Navas M. Exposición a aflatoxina: un problema de salud pública. *IATREIA Vol 27(1): 42-52* enero-marzo 2014.
3. Trombete, F., Saldanha, T., Direito, G. y Fraga, M. Aflatoxinas y tricotecenos en trigo y derivados: incidencia de la contaminación y métodos de determinación. *Rev Chil Nutr Vol. 40, N°2, Junio 2013.*
4. Mejía, N., Alvarado, P. y Vásquez, N. Determinación de aflatoxinas en productos derivados de cereales de consumo humano en Mercados de Trujillo (Perú). *REBIOLEST 2014; 2(2): e30.* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
5. Vargas, A. Estudio de la incidencia de hongos toxicogénicos en uvas destinadas a la producción de vinos. [Tesis de titulación]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
6. Montero Velasco, L. Influencia de los factores ambientales en el control de mohos productores de ocratoxina A y aflatoxina en derivados cárnicos curado-madurado. [Tesis Doctoral]. Cáceres: Universidad de Extremadura; 2017.
7. Fon-Fay, F., Barzola, S. y Morán, J. La prevalencia de *Aspergillus spp.* y aflatoxinas en *Zea mays* L. (maíz) almacenado en silos, en Ecuador. *Revista Publicando, 3(7).* 2016, 189-202. ISSN 1390-9304.
8. Reyes, W., Patricio, S., Pereyra, C., González, M.L., Cavaglieri, L., Dalcero, A. Aflatoxinas, Deoxinivalenol y Zearalenona en rastrojo de maíz cosechado en Tepatitlán, Jalisco, México. *Revista Bio Ciencias 4(1): 3-14* Mayo 2016.
9. Lahouar, A., Marin, S., Crespo-Sempere, A., Saïda, s. y Sanchis, V. Effects of temperature, water activity and incubation time on fungal growth and aflatoxin B1 production by toxinogenic *Aspergillus flavus* isolates on sorghum seeds. *Rev Argent Microbiol.* 2016; 48(1):78---85.
10. Castellari, C., Cendoya, M., Marcos, F., Barrera, V. y Pacin, A. Factores extrínsecos e intrínsecos asociados a poblaciones fúngicas micotoxigénicas

- de granos de maíz (*Zea mays* L.) almacenados en silos bolsa en Argentina. *Rev Argent Microbiol.* 2015; 47(4):350-359.
11. Chalco, D. Riesgo Toxicológico de Aflatoxinas Presentes en Maní y Nueces Comercializados en los Principales Mercados de la Ciudad de Cuenca. [Tesis de Maestría]. Ecuador: Universidad de Cuenca; 2014.
  12. Villamar Pincay, F. Presencia de aflatoxina total y hongos micotoxigénicos en harina de pescado producida en la costa ecuatoriana en los años 2012 y 2013. [Tesis de maestría]. Ecuador: Universidad Guayaquil; 2014.
  13. Badui, S. Química de los Alimentos. 4<sup>ta</sup> ed. México: Pearson Educación; 2006.
  14. Reyes, V. Determinación de aflatoxinas y Ocratoxinas en la maca seca y harina de maca (*lepidium meyenii* walp). [Tesis de Maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006
  15. Palacin, E. Elaboración de pan con harina de arroz y gel extraído del nostoc para el consumo de población celiaca. [Tesis de titulación]. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2017.
  16. Collazos, C. Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú, Lima: Instituto Nacional de Salud – Ministerio de Salud, 1993.
  17. León, E. y Rosell, C. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1<sup>ra</sup> ed. Córdoba : Hugo Báez Editor, 2007.
  18. Rojas JA, Rosell CM, Benedito C, Pérez-Munuera I, Lluch MA. 2000. The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. *European Food Research and Technology*, 212: 57-63.
  19. Marshall SW, Tracy WF. (2003). Sweet Corn. En: White PJ y Jonson LA, editores. *Corn: Chemistry and Technology*. 2<sup>a</sup> ed. Inc. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists. Pág. 537-569.
  20. Japan International Cooperation Agency Textbook for group training course in Micotoxin inspection in food. Hyogo International Centre 1998.
  21. Ichinoe M. Incidence of toxic Fusarium and Fusarium Mycotoxins in Agricultural commodities. *Mycotoxin Inspection in food training course*. Hyogo International Centre- Japan International Cooperation Agency 1998.
  22. ICMSF Microorganismos de los Alimentos- Características de los patógenos microbianos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza; 1996

23. Semeniuk, M., Schenone, A., Sobrero, M. y Marsili, N. Desarrollo de un método analítico para la cuantificación de aflatoxina y ocratoxina, utilizando matrices de excitación-emisión de fluorescencia y calibración multivariada Revista FABICIB. Año 2014. Volumen 18.
24. Krysińska-Traczyk, E.; Kiecoma, I.; Percowsky, J.; Dutkiewicz, J. 2001. Mycotoxins in samples of grain and grain dust collected on farms of eastern Poland. *Annals of Agricultural Environmental Medicine*, 8: 268-274.
25. Toso, R., Toribio, W., Diesser, M., Borrello, A. y Ardoino, S. Presencia de micotoxinas en alimentos balanceados para ponedoras. *Ciencia veterinaria*, Vol 18. N°1, 2016, ISSN 1515-1883.
26. Ruiz, J. Las micotoxinas y salud. *Rev Soc Quím Perú*. 82(4), 2016.
27. Pan, D., García y Santos, C. y Bettucci, L. Evaluación *in vitro* de agentes secuestrantes de aflatoxinas. *Veterinaria (Montevideo)* Volumen 52 N° 201 (2016) 23-27.
28. Garduño-García et al., Detection of Aflatoxins, Mutagens and Carcinogens in Black, White and Green Peppers (*Piper Nigrum* L.). *Journal of Microb Biochem Technol* 2017, 9:3 DOI: 10.4172/1948-5948.1000350.
29. Huerta-Treviño, A., Dávila-Aviña, J., Sánchez, E., Heredia, N. y Santos García. Ocurrencia de micotoxinas en alfalfa (*Medicago sativa* L.), Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Y Zacate (*Cenchrus ciliaris* L.) en venta al menudeo en el estado de nuevo león, México. *Agrociencia* 50: 825-836. 2016.
30. Kuklinski C. Nutrición y Bromatología. 1<sup>ra</sup> ed. España: Ed. Omega; 2010.
31. Charley H. Tecnología de los Alimentos. 1<sup>ra</sup> ed. México: ed. Limusa; 1987
32. Chinchay C. Química de Alimentos. 1<sup>ra</sup> ed. Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos; 2017.
33. Moreno, J. *Estudio comparativo de Aspergillus flavus y Aspergillus parasiticus en la producción de aflatoxinas bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura* (Magíster). Facultad de Estudios Superiores de Postgrado, Cuautitlán Izcali, Edo. de México. 2004.
34. Arrúa Alvarenga, A., Moura Méndez, J. y Fernández Ríos, D. Aflatoxinas, un riesgo real. *Rep. cient. FACEN* Vol. 4, N° 1. 2013.
35. Pincay, F<sup>36</sup>. Presencia de aflatoxinas total y hongos micotoxicogénicos en harina de pescado producida en la costa ecuatoriana en los años 2012 y



2013. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador 2014.
36. Belitz H, Grosch W, Schieberle P. Food Chemistry. 4<sup>ta</sup> ed. Berlin: Springer; 2009
37. Schmidt Hebbel H. Avances en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Chile: Alfabeta impresiones; 198.
38. Bailón R. Procesamiento de Hortalizas. 1<sup>ra</sup> ed. Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. Instituto de Investigación; 2006.
39. Castro, J., Alvarado, A., Koga, Y., Tinoco, R. Cuantificación de Micotoxinas en Ingredientes Alimenticios Utilizados en la Dieta de Aves Comerciales. Rev Inv Vet Perú 2015; 26(4): 558-564.
40. Mendoza, C. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*rosmarinus officinalis*) y orégano (*origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*capsicum annuum* L.). [Tesis de título profesional]. Perú: Universidad Ricardo Palma; 2017.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1 Matriz de Consistencia: Aflatoxinas en cereales comercializados a granel en mercados del distrito, de Villa María del Triunfo

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	V I: Actividad del agua en cereales	V I: Condición de los cereales	VI: Actividad de agua (aw)	<p>DISEÑO: No experimental</p> <p>TIPO: Correlacional.</p> <p>NIVEL: Según el período y secuencia de la investigación es transversal por que se investigará el fenómeno en un solo momento es decir haciendo un corte en el tiempo.</p> <p>POBLACION: Cereales de investigación que se comercializan en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.</p> <p>MUESTRA: 8 kilos de cada cereal</p> <p>INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS: ficha de recolección de datos</p> <p>TECNICA: muestreo al azar, según criterio del investigador.</p> <p>INTRUMENTOS: bolsas de polietileno</p> <p>PROSESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS: SPSS versión 12</p>
¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?	Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo	La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el arroz, maíz y trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.				
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	VD:  Aflatoxinas en cereales.	VD:  concentración de aflatoxinas totales en ppb	VD:  Límite máximo permitido: 10 ppb, Según CODEX alimentarius	
¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el arroz comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?	Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el arroz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.	La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el arroz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.				
¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el maíz comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?	Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el maíz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo	La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el maíz de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo.				
¿Cómo se relaciona la actividad de agua con la presencia de aflatoxinas en el trigo comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo?	Determinar si existe relación entre la actividad de agua y la presencia de aflatoxinas en el trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo	La actividad de agua se relaciona directamente con la presencia de aflatoxinas en el trigo de consumo humano comercializado a granel en los mercados del distrito de Villa María del Triunfo				

## Anexo 2 Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	TIPO DE ESCALA	VALOR FINAL
VI: Actividad del agua en cereales	Condición de los cereales	Actividad de agua (aw)	aw	escala de 0 - 1	ordinal	valores altos o bajos de aw
	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	TIPO DE ESCALA	VALOR FINAL
VD. Aflatoxinas cereales. en	concentración de aflatoxinas totales en ppb	Límite máximo permitido según CODEX alimentarius	valor de concentración	Límite máximo permitido 10 ppb (µg/Kg)	ordinal	excede valores permitidos / no excede valores permitidos

**Anexo 3 Ficha de recolección de muestras y análisis de materia prima.**

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						AFLATOXINAS EN CEREALES COMERCIALIZADOS A GRANEL EN LOS MERCADOS DE VILLA MARIA DEL TRIUNFO				
RECOLECCION DE MUESTRAS DE CEREALES Y ANALISIS DE MATERIA PRIMA										
MUESTRA	PESO HECTOLITRO	PESO 1000 GRANOS	GRADO DE PUREZA	GRANOS PARTIDOS	GRANO YESOSO	MUESTREO	DETERMINACION CUALITATIVA	DETERMINACION DE ACTIVIDAD DE AGUA	DETERMINACION CUANTITATIVA	OBSERVACIONES
MAIZ						MUESTRA 1				
						MUESTRA 2				
						MUESTRA 3				
						MUESTRA 4				
ARROZ						MUESTRA 1				
						MUESTRA 2				
						MUESTRA 3				
						MUESTRA 4				
TRIGO						MUESTRA 1				
						MUESTRA 2				
						MUESTRA 3				
						MUESTRA 4				

Fuente: Elaboración propia, 2018

## Anexo 4 ANALISIS CUALITATIVO DE AFLATOXINAS



**CERTIFICACIONES ALIMENTARIAS  
HIDROBIOLÓGICAS Y MEDIO AMBIENTALES S.A.C.**

---

Lima, 13 de Abril de 2018

### INFORME DE ENSAYO N° IE180413.10

**Solicitud de Servicio de Ensayo** : 20180410.01  
**Nombre del Solicitante (s)** : PINTO QUEA, JULIO CESAR / CALISAYA TIPO, MARY  
**Dirección Legal del Solicitante** : CALLE LAS SALINAS 276 URB. CESAR VALLEJO-VILLA MARIA DEL TRIUNFO  
**Procedencia de la Muestra** : Muestra proporcionada por el Solicitante  
**Producto** : M01 – CEREALES (MAIZ, ARROZ Y TRIGO)  
**Cantidad y Presentación de Muestra** : M01 (LQ01-LQ12) : 12 unidades en bolsa de polietileno por 1 kg c/u  
 LQ01-LQ04: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Maíz) c/u  
 LQ05-LQ08: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Arroz) c/u  
 LQ09-LQ12: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Trigo) c/u  
 Información declarada por el cliente:  
 Proveedor: Mercado del Distrito de Villa María del Triunfo

**Fecha y hora de Recepción** : 2018-04-10 / 10:00  
**Condiciones a la recepción** : Temperatura ambiente  
**Fecha de Inicio del Análisis** : 2018-04-10

---

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO (LQ)**

• LQ01-LQ04 – Muestra: Maíz

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ01	LQ02	LQ03	LQ04
01	Aflatoxinas	Ausencia - Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia

• LQ05-LQ08 – Muestra: Arroz

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ05	LQ06	LQ07	LQ08
01	Aflatoxinas	Ausencia - Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia

• LQ09-LQ12 – Muestra: Trigo

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ09	LQ10	LQ11	LQ12
01	Aflatoxinas	Ausencia - Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia

**Métodos de Ensayo:**

ÍTEM	ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
01	Aflatoxinas	AflaCheck™ de VICAM. Kit de análisis cualitativo para detección de aflatoxina.

**Observaciones:**  
 La detección de aflatoxinas se encuentra entre rangos de 10 ppb a 20 ppb

Fin del Documento

  
 Ing. Genaro Christian Pesantes Arriola  
 Gerente Técnico de Laboratorio  
 C.I.P. 97617



Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) ensayada(s). Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, sin la autorización escrita por Certificaciones Alimentarias Hidrobiológicas y Medio Ambientales S.A.C., la adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Formato: F07-P03-LE, Ver. 01 Página 1 de 1

---

Dirección: Calle Gamarra N° 294 Urb. Miramar, San Miguel. Teléfono: 262-8890 E-mail: info@cahmsac.com



## Anexo 5 ANALISIS CUANTITATIVO DE AFLATOXINAS



**CERTIFICACIONES ALIMENTARIAS  
HIDROBIOLÓGICAS Y MEDIO AMBIENTALES S.A.C.**

---

Lima, 13 de Junio de 2018

### INFORME DE ENSAYO N° IE180613.18

<b>Solicitud de Servicio de Ensayo</b>	: 20180611.02
<b>Nombre del Solicitante (s)</b>	: PINTO QUEA, JULIO CESAR / CALISAYA TIPO, MARY
<b>Dirección Legal del Solicitante</b>	: CALLE LAS SALINAS 276 URB. CESAR VALLEJO-VILLA MARIA DEL TRIUNFO
<b>Procedencia de la Muestra</b>	: Muestra proporcionada por el Solicitante
<b>Producto</b>	: M01 – CEREALES (MAIZ, ARROZ Y TRIGO)
<b>Cantidad y Presentación de Muestra</b>	: M01 (LQ01-LQ12) : 12 unidades en bolsa de polietileno por 1 kg c/u LQ01-LQ04: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Maiz) c/u LQ05-LQ08: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Arroz) c/u LQ09-LQ12: 04 vías de 01 unidad de 1 kg (Trigo) c/u Información declarada por el cliente: Proveedor: Mercado del Distrito de Villa María del Triunfo
<b>Fecha y hora de Recepción</b>	: 2018-06-11 / 08:30
<b>Condiciones a la recepción</b>	: Temperatura ambiente
<b>Fecha de Inicio del Análisis</b>	: 2018-06-11

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO (LQ)**

- **LQ01-LQ04 – Muestra: Maiz**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ01	LQ02	LQ03	LQ04
01	Aflatoxinas	µg/kg	5.2	5.0	4.8	6.9

- **LQ05-LQ08 – Muestra: Arroz**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ05	LQ06	LQ07	LQ08
01	Aflatoxinas	µg/kg	12.1	11.7	7.8	11.9

- **LQ09-LQ12 – Muestra: Trigo**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
			LQ09	LQ10	LQ11	LQ12
01	Aflatoxinas	µg/kg	10.9	10.2	9.8	11.1

**Métodos de Ensayo:**

ITEM	ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
01	Aflatoxinas	RIDASCREEN FAST Aflatoxin r-biopharm. Inmunoensayo enzimático para el análisis cuantitativo de aflatoxina.

**Observaciones:** ---

  
**Ing. Genaro Christian Pesantes Arriola**  
Gerente Técnico de Laboratorio  
C.I.P. 97617



Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) ensayada(s). Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, sin la autorización escrita por Certificaciones Alimentarias Hidrobiológicas y Medio Ambientales S.A.C., la adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Formato: F07-P03-LE, Ver. 01 Página 1 de 1

---

Dirección: Calle Gamarra N° 294 Urb. Miramar, San Miguel, Teléfono: 262-8890 E-mail: info@cahmsac.com



## Anexo 6 RECOLECCION DE MUESTRA



**Figura 2: Mercado**



**Figura 3: Recolección de muestras**



**Figura 4: Muestras de arroz**



**Figura 5: Muestras de trigo**



**Figura 6: Muestras de maíz**



**Figura 7: Muestras recolectadas**

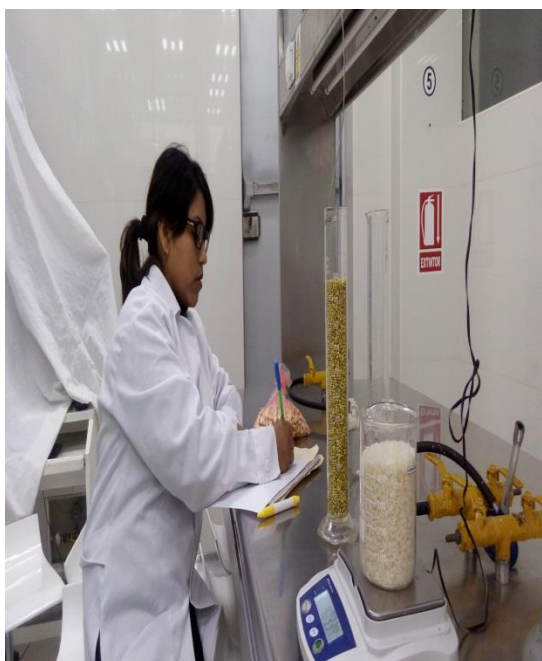
## Anexo 7 ANALISIS DE CEREALES



**Figura 8: Calibre del grano**



**Figura 9: grado de pureza**



**Figura 10: Peso hectolitro**



**Figura 11: grado de pureza del maíz**





**Figura 12: Grano partido**



**Figura 13: Grano yesoso**

## Anexo 8 DETERMINACION DE AW



**Figura 14: Equipo aqualab**



**Figura 15: Medición de aw**



**Figura 16: Depositado de muestra**



**Figura 17: actividad de agua**